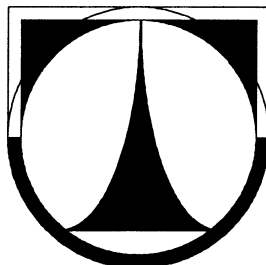


**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA STROJNÍ**

Katedra vozidel a motorů



**KONSTRUKCE NÁRAZNÍKU OSOBNÍHO VOZIDLA**

**BUMPER CONSTRUCTION OF PERSONAL VEHICLES**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Jiří Šolc

2013

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA STROJNÍ**  
**KATEDRA VOZIDEL A MOTORŮ**

Studijní program: M2301 Strojní inženýrství  
Obor: 2302T010 Konstrukce strojů a zařízení  
Zaměření: Kolové dopravní a manipulační stroje

**KONSTRUKCE NÁRAZNÍKU OSOBNÍHO VOZIDLA**

**BUMPER CONSTRUCTION OF PERSONAL VEHICLES**

**KVM – KDMS – 639**

**Jiří Šolc**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Novák, Ph.D. – TU v Liberci  
Konzultant diplomové práce: Ing. Jan Apltauer – Benteler, s.r.o

Počet stran	77
Počet tabulek	09
Počet příloh	01
Počet obrázků	46
Počet vzorců	03
Počet výkresů	02

Datum 4. 1. 2013

**Místo pro vložení originálního zadání DP (BP)**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA STROJNÍ**  
**KATEDRA VOZIDEL A MOTORŮ**

Studentská 1402/2, 461 17 Liberec

**ANOTACE**

Studijní program:	M2301 Strojní inženýrství
Obor:	2302T010 Konstrukce strojů a zařízení
Zaměření:	Kolové dopravní a manipulační stroje
Autor:	Jiří Šolc
Téma práce:	Konstrukce nárazníku osobního vozidla
Číslo práce:	KVM – KDMS – 639
Vedoucí práce:	Ing. Jan Novák, Ph.D.
Konzultant:	Ing. Jan Apltaufer

Diplomová práce se zabývá návrhem konstrukce výztuže předního nárazníku osobního automobilu.

V teoretické části jsou popsány druhy konstrukce a zkoušek nejčastěji používané na území Evropy. V experimentální části je uveden postup výpočetních prací při navrhování konstrukce nárazníku a jeho optimalizace. Vypočtené hodnoty byly porovnány.

Klíčová slova: Výztuž nárazníku, konstrukce, crash test, explicitní dynamika, metoda konečných prvků

**TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC**  
**FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**DEPARTMENT OF VEHICLES AND MOTORS**

Studentská 1402/2, 461 17 Liberec

**ANOTACE**

Study programme:	M2301 Mechanical Engineering
Discipline:	2302T010 Construction of machines and equipment
Direction:	Wheeled transport and handling machines
Author:	Jiří Šolc
Work Topics:	Bumper construction of personal vehicles
Number of the work:	KVM – KDMS – 639
Leader of the work:	Ing. Jan Novák, Ph.D.
Consulter:	Ing. Jan Apltauer

This dissertation deals with the design of the front car bumper and its reinforcements.

The theoretical part describes the types of construction and tests commonly used in Europe. The experimental section shows the procedure of computing works during the design of the bumper and its optimization. The calculated values were compared.

Keywords: bumper reinforcements, design, crash test, explicit dynamics, finite element method

### **Prohlášení k využívání výsledků diplomové práce**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V ..... dne .....

podpis .....

### **Poděkování**

Na prvním místě bych rád poděkoval své rodině, která mi byla oporou po celou dobu mého studia.

Děkuji všem, kteří mně pomohli s vypracováním mé závěrečné práce. Jmenovitě panu Ing. Janu Novákovi Ph.D. vedoucímu práce, jež mě svými zkušenostmi a radami podpořil při tvorbě práce. Dále děkuji Ing. Michalovi Petřů za ochotu a rady v oblasti simulací explicitní dynamiky. Děkuji též panu Ing. Janu Apltauerovi, panu Ing. Zdeňkovi Hortovi a dalším pracovníkům firmy Benteler s.r.o.

## Seznam symbolů a jednotek

$\Delta t$	velikost časového kroku	[ms]
$c$	rychlost šíření zvuku v materiálu	[ms]
$d$	průměr	[mm]
$E$	modul pružnosti	[GPa]
$E_k$	kinetická energie	[J]
$L_{el}$	velikost elementu	[mm]
$m$	hmotnost	[kg]
$v$	rychlost	[km/h]
$\rho$	hustota	[kg/m <sup>3</sup> ]

ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
ANCAP	Australasian New Car Assessment Programme
ANSYS	analyzing system
C-NCAP	China New Car Assessment Programme
CAE	Computer-aided engineering
CATIA	Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application systém počítačového návrhu
EEVC	European Enhanced Vehicle-safety Committee Evropský výbor pro zvýšení bezpečnosti dopravních prostředků
EuroNCAP	European New Car Assessment Programme Evropský program testování nových vozů
FEM	Finite element method – metoda konečných prvků
HIC	Head Injury criterion – kritérium vyjadřující zranění hlavy
IIHS	Insurance Institute for Highway Safety
JNCAP	Japan New Car Assessment Programme
Mesh	Geometrie sítě určené pro FEM výpočty
MKP	Metoda konečných prvků
NCAP	New Car Assessment Programme
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration
RCAR	Research Council for Automobile Repairs
Solver	Označuje program řešící výpočty MKP



## OBSAH

1	ÚVOD .....	12
2	TEORETICKÁ ČÁST .....	14
2.1	Představení společnosti Benteler ČR s.r.o. ....	14
2.2	Konstrukce nárazníku osobních vozidel .....	15
2.2.1	Materiály pro výrobu výztuže nárazníku .....	15
2.2.2	Profily deformačního členu.....	20
2.3	Způsoby namáhání nárazníku .....	23
2.4	Světové organizace testující automobily.....	24
2.4.1	Testy dle Euro NCAP .....	25
2.4.2	Test při nízké rychlosti nárazu, 15km/h (RCAR) .....	33
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	46
3.1	Volba softwaru .....	46
3.2	Parametry nárazu pro výpočet.....	46
3.3	Vymezení konstrukčního prostoru .....	47
3.4	Postup návrhu výztuže nárazníku.....	47
3.5	Konstrukce příčnicku .....	48
3.5.1	Konstrukce patek.....	49
3.5.2	Konstrukce kotvy .....	50
3.5.3	Konstrukce deformačních členů.....	51
3.6	Parametry výpočetní stanice .....	52
3.7	Výpočty v Ansys .....	52
3.7.1	Tvorba sítě.....	54
3.7.2	Definice materiálů .....	55
3.7.3	Definice okrajových podmínek .....	56
3.7.4	Definice kontaktů .....	56
3.7.5	Definice výstupů .....	57
3.8	Konstrukční varianty deformačních členů a výsledky simulací .....	58
3.8.1	Varianta 1 – čtyřboký jehlan s prolisy dovnitř.....	58
3.8.2	Varianta 2 – čtyřboký jehlan s děrováním a prolisy dovnitř.....	60
3.8.3	Varianta 3 – čtyřboký jehlan a prolisy dovnitř/ven.....	62
3.8.4	Varianta 4 – čtyřboký jehlan s děrováním a prolisy dovnitř/ven.....	64
3.8.5	Varianta 5 – čtyřboký jehlan s prolisy ven.....	67

3.8.6	Variant 6 – čtyřboký jehlan s prolisy ven 2.....	69
3.8.7	Porovnání konstrukčních variant deformačních boxů.....	71
3.8.8	Konstrukce nárazníku.....	72
4	HODNOCENÍ A DISKUZE VÝSLEDKŮ .....	73
5	ZÁVĚR .....	74
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	75

## 1 ÚVOD

V počátcích automobilizmu nikoho ani nenapadlo věnovat se otázce bezpečnosti posádky nebo dokonce chodců, neboť první automobily byly dostupné pouze pro nejvyšší vrstvy obyvatelstva a tak byly na cestách k vidění jen zřídka. Přelomovým okamžikem lze označit počátek sériové výroby vozidel. Ve čtyřicátých a padesátých letech minulého století začíná v důsledku masového rozšíření automobilů narůstat i dopravních nehod a úrazů. Tyto okolnosti přiměly výrobce aut experimentovat s bezpečnostními prvky na svých výrobcích.

Zkoušky však nebyly standardizované, a tak každý automobilový výrobce testoval robustnost svých aut po svém. Auta tak narážela do různých bariér v odlišných úhlech a rychlostech. Oblíbené byly také zkoušky převrácení, kdy byla vozidla převrácena pomocí speciálních ramp. Bezpečnost osobních aut po konci druhé světové války zvýšily bezpečnostní pásy, nejprve byly součástí příplatkové výbavy, až je, na konci padesátých let, začalo Volvo standardně dodávat do všech svých modelů. Spolu s uvedením bezpečnostních pásů automobilky testovaly, jak se chová lidské tělo během nárazu, pokud jsou, nebo naopak nejsou pásem připoutáni.

Koncem osmdesátých let minulého století, zahajuje svoji činnost americký NCAP a přibližně téže dobou začíná i evropský kontinent pracovat na standardu testování, který vede až ke společnému programu EuroNCAP. EuroNCAP se v roce 1998 stává nezávislou organizací. [6]

V současnosti je již legislativně nařízeno vybavovat automobily bezpečnostními prvky jako jsou bezpečnostní pásy, airbagy nebo ABS. Z bezpečnostních prvků se ale také stal marketingový nástroj a v neposlední řadě nástroj ke snížení nákladů na opravu. Snížením nákladů na opravu vozu po nárazu v malé rychlosti, se zabývá předpis RCAR o kterém se zmiňuji v kapitole 2.4.2

Podle tohoto předpisu jsem navrhl výztuž předního nárazníku osobního automobilu BMW E90 a provedl jsem její softwarové odzkoušení. V práci popisuji postup návrhu konstrukce a zkoumám vliv geometrie, tloušťky materiálu a volby

materiálu na průběh deformací při čelním nárazu. Jednotlivé varianty porovnávám s cílem optimalizovat konstrukční řešení tak, aby výztuž nárazníku splňovala podmínky uvedené v kapitole 3.1. Cílem práce bylo vyzkoušet postup návrhu výztuže předního nárazníku osobního automobilu od konstrukce, přes softwarovou simulaci, optimalizaci, až po výkresovou dokumentaci sestavy finálního řešení. Práce také prověřila možnosti využití softwarů Catia, Solidworks a Ansys při aplikaci na problematiku explicitních dynamických výpočtů.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Představení společnosti Benteler ČR s.r.o.

Společnosti BENTELER ČR s.r.o. se sídlem v Chrastavě (závody ve Stráži n. N., Chrastavě a Jablonci n. N.), BENTELER Automotive Rumburk s.r.o. se sídlem v Rumburku a společnost BENTELER Automotive SK s.r.o. se sídlem v Malackách jsou významným dodavatelem podvozkových a bezpečnostních dílů pro přední výrobce osobních automobilů, jako je ŠKODA AUTO, VW, BMW, PORSCHE, SAAB, AUDI, SUZUKI, OPEL, FORD, MERCEDES, PEUGEOT a další.

Výrobním programem jsou především bezpečnostní díly (výztuha palubní desky, výztuhy sloupků karoserie, výztuhy dveří, výztuhy nárazníku), díly podvozkové (zadní nápravy, spodní ramena, držáky tlumičů), jakož i modul zadní nápravy a nově motocyklové rámy pro BMW. V roce 2004 a 2005 byla založena vývojová centra pro vývoj bezpečnostních a podvozkových dílů v Jablonci nad Nisou. V roce 2002 bylo založeno vlastní vzdělávací centrum firmy.

V robotizovaných provozech společnost používá výrobní technologie jako jsou: tavné a odporové svařování, laserové a plazmové řezání, tváření za tepla a za studena, hydroformování, třískové obrábění, lisování za studena za použití lisů o lisovací síle 3 600t, 2 900t a 1 000t, lisu pro obstříh kalených výlisků a další. Ve vlastním vzdělávacím centru zajišťuje kromě výuky cizích jazyků (NJ, AJ, FJ) i školení ze všech oblastí činností jednotlivých oddělení i výroby (Junior management program, školení mistrů, seřizovačů svářečů atd.). Zajišťuje školení profesních dovedností a osobnostního rozvoje, spolupracuje i s externími školicími institucemi TUL, SPŠ SE a VOŠ, Gradua Cegos, ČSJ a dalšími.

V roce 2009 firma investovala do vzdělávání zaměstnanců 11 mil. Kč a bylo proškoleno více jak 32 000 hodin. Obrat společnosti za rok 2009 byl více jak 7 mld. Kč.

## 2.2 Konstrukce nárazníku osobních vozidel

Nárazník je část karoserie vozidla, nacházející se před přední a za zadní nápravou. Nárazník tvoří deformační členy a příčník, který je spojuje. Kovovou část kryje pohledový plastový díl.



*Obr. 1 - Nárazník Audi Q5 [1]*

Funkcí nárazníků je při nárazech do 15km/h zamezit poškození jiných součástí, podélníku, chladiče a dalších komponent vozidla. Parametry tohoto nárazu určuje předpis RCAR. Všechny členy nárazníku je možno po kolizi snadno vyměnit a tak uvést vozidlo do bezvadného stavu rychle a s minimálními náklady. Při nárazu nad 15km/h se podílí na pohlcení části kinetické energie vozu. Společně s dalšími díly karoserie a motorového prostoru, je nárazník součástí celkové deformační zóny automobilu.

### 2.2.1 Materiály pro výrobu výztuže nárazníku

Předním světovým výrobcem vysokopevnostních ocelových materiálů je švédská firma SSAB. Tyto oceli se vyznačují vysokou pevností, což umožňuje konstrukci tenkostěnných dílů a tím tedy snížení hmotnosti. Hlavními ukazateli vhodnosti materiálu jsou mez kluzu, tváritelnost za studena a svařitelnost.

Materiály z produkce firmy SSAB, doporučené výrobcem viz. příloha 1, nebo připadající v úvahu při výrobě výztuže předního nárazníku osobního automobilu, jsou uvedeny v následujícím přehledu.

### 2.2.1.1 Oceli obchodní značky Docol DP a Docol DL

- Feriticko-martenzitické oceli, kdy se pevnost zvyšuje s podílem martenzitické fáze.
- Velmi dobrá tvárnost a díky nízkému obsahu uhlíku i svařitelnost.
- Výhody
  - Snižování hmotnosti
  - Zjednodušená výroba
  - Zvýšená bezpečnost
  - Delší životnost
  - Zvýšení užitečného zatížení a únosnosti
- Aplikace
  - Bezpečnostní díly v automobilech – dveře, rámy, nárazníky, výztuže, části sedadel
  - Vhodné pro tváření za studena
- Chemické složení

Ocel	C	Si	Mn	P	S	Al	Nb
DOCOL 500DP	0,08	0,3	0,65	0,01	0,01	0,04	
DOCOL 500DL	0,05	0,2	1,5	0,01	0,002	0,04	
DOCOL 600DP	0,1	0,2	0,8	0,01	0,002	0,04	0,015
DOCOL 600DL	0,1	0,4	1,5	0,01	0,002	0,04	
DOCOL 800DP	0,13	0,2	1,5	0,01	0,002	0,04	0,015
DOCOL 800DL	0,14	0,2	1,5	0,01	0,002	0,04	0,015
DOCOL 1000DP	0,15	0,5	1,5	0,01	0,002	0,04	0,015

Tab. 1 - Chemické složení ocelí s označením Docol DP a DL. [2]

- **Mechanické vlastnosti**

- Označování dle meze pevnosti

	Mez kluzu [MPa]		Mez pevnosti [MPa]		Tažnost	Ohyb	Obsah C
DOCOL	Od	Do	Od	Do	[%]	R <sub>min90</sub>	[%]
500DP	290	370	500	600	20	0	0,08
500DL	230	300	500	600	24	0	0,05
600DP	350	450	600	700	16	0	0,1
600DL	280	360	600	700	20	0	0,1
800DP	500	650	800	950	10	1 x tl.	0,13
800DL	390	540	800	950	13	1 x tl.	0,14
1000DP	700	950	1000	1200	7	2 x tl.	0,15

*Tab. 2 - Mechanické vlastnosti ocelí Docol DP a DL [2]*

(označení pro minimální rádius ve tvaru X x tl. značí násobek tloušťky materiálu. Například díl z plechu tlustého 2mm, z materiálu DOCOL 1000DP nesmí pro 90° ohyb obsahovat menší rádius než 4mm)

### 2.2.1.2 Oceli s obchodním označením Docol M

- Martenzitické oceli vyráběné nepřetržitým žiháním a následným extrémně rychlým ochlazením.
- Vyznačují se dobrou tvárností, vysokou pevností v kombinaci s dobrou svařitelností.
- Výhody
  - Snižování hmotnosti
  - Velmi vysoké hodnoty pevnosti
  - Jednodušší výroba



- Zvýšená bezpečnost
- Snížení celkových nákladů
- Aplikace
  - Bezpečnostní prvky v automobilech
  - Výztuhy nárazníků
  - Kotouče spojky
  - Řezné nástroje
  - Vhodné pro tváření za studena (ohýbání, válcování, výroba trubek)
- Chemické složení

DOCOL	C	Si	Mn	P	S	Al	Nb
1200M	0,11	0,2	1,6	0,015	0,002	0,04	0,015
1400M	0,17	0,5	1,6	0,015	0,002	0,04	0,015

Tab. 3 - Chemické složení ocelí Docol M. [2]

- Mechanické vlastnosti
  - Označování dle meze pevnosti

	Mez kluzu [MPa]		Mez pevnosti [MPa]		Tažnost	Ohyb	Obsah C
DOCOL	Od	Do	Od	Do	[%]	R <sub>min90</sub>	[%]
1200M	950	1200	1200	1400	4	0	0,11
1400M	1150	1400	1400	1600	3	0	0,17

Tab. 4 - Mechanické vlastnosti ocelí Docol M. [2]

### 2.2.1.3 Oceli s obchodním označením Docol ROLL

Oceli této třídy jsou navrženy pro aplikace, kde se jako hlavní metoda tváření uplatňuje válcování. Tyto oceli jsou podrobeny tepelnému zpracování v kontinuální žíhací lince.

- Mechanické vlastnosti
  - Označování oceli dle meze pevnosti.

	Mez kluzu [MPa]	Mez pevnosti [MPa]		Tažnost	Ohyb	Obsah C
DOCOL		Od	Do	[%]	R <sub>min90</sub>	[%]
ROLL 800	600	800	950	10	0,8xt	0,16
ROLL 1000	850	1000	1200	5	1xt	0,18

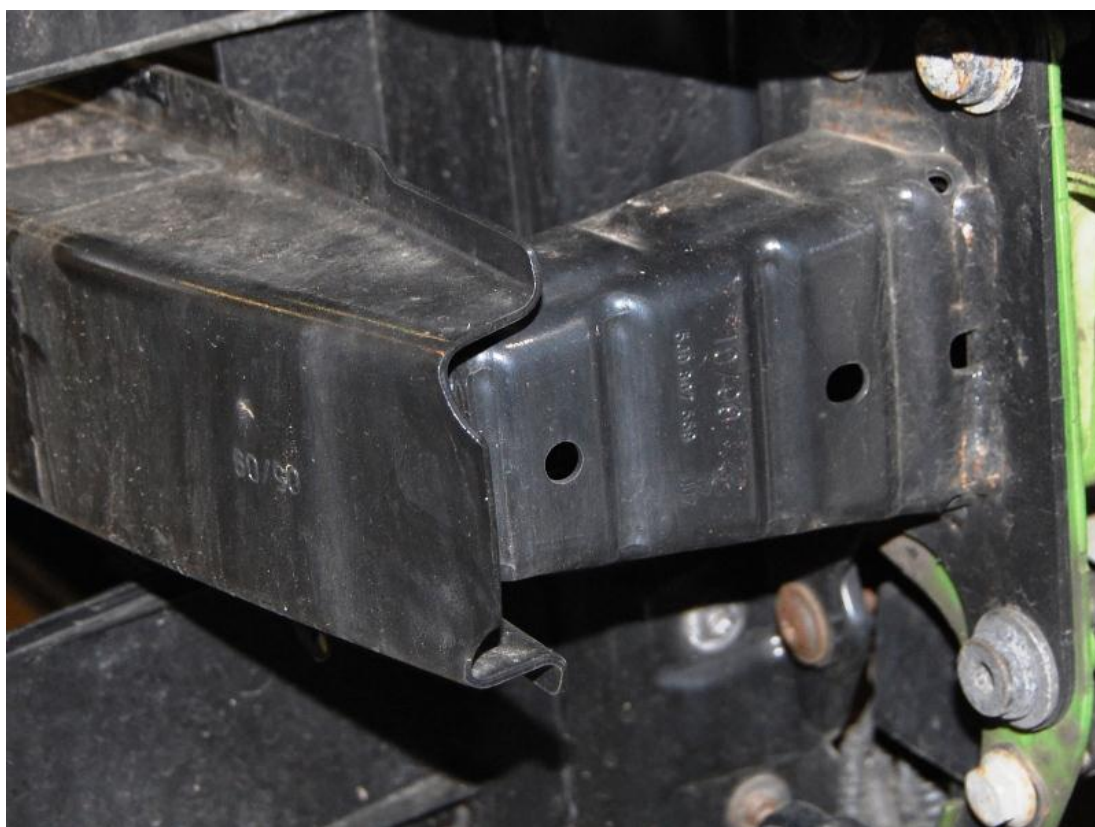
*Tab. 5 - Mechanické vlastnosti oceli Docol ROLL [2]*

- Charakterizace
  - Vysoká mez kluzu minimalizuje nerovnosti na plochých oblastech
  - Vysoký poměr meze kluzu a meze pevnosti předurčuje, že napětí ve vysoce tvářených oblastech jsou srovnatelná s namáháním v mírně tvářených oblastech. To způsobuje malé rozdíly ve zbytkových pnutích a následně menší sklon k ohýbání a kroucení profilu.
- Aplikace
  - Hlavně bezpečnostní prvky jako nosníky proti bočnímu nárazu, výztuhy nárazníků a části sedadel.
  - Jsou určeny pro tváření za studena.
  - Tento materiál lze svařovat všemi obvyklými metodami (obloukové svařování kovem v plynu – MAG, manuální obloukové svařování – MMA, TIG svařování a další) [3]

### 2.2.2 Profily deformačního členu

Profil deformačního členu ovlivňuje průběh deformace při nárazu. Je proto společně s volbou materiálu a jeho tloušťkou pro konstrukci rozhodující. V současnosti jsou nejčastěji používaným profilem čtyřboké jehlany s hladkým povrchem nebo s prolisy, případně děrováním. Prolisy a díry zeslabují deformační člen a tak je dosaženo řízeného harmonického průběhu deformace. Tím je u srážek při nízkých rychlostech docíleno pohlcení energie nárazu s minimálním přenosem syl do karoserie.

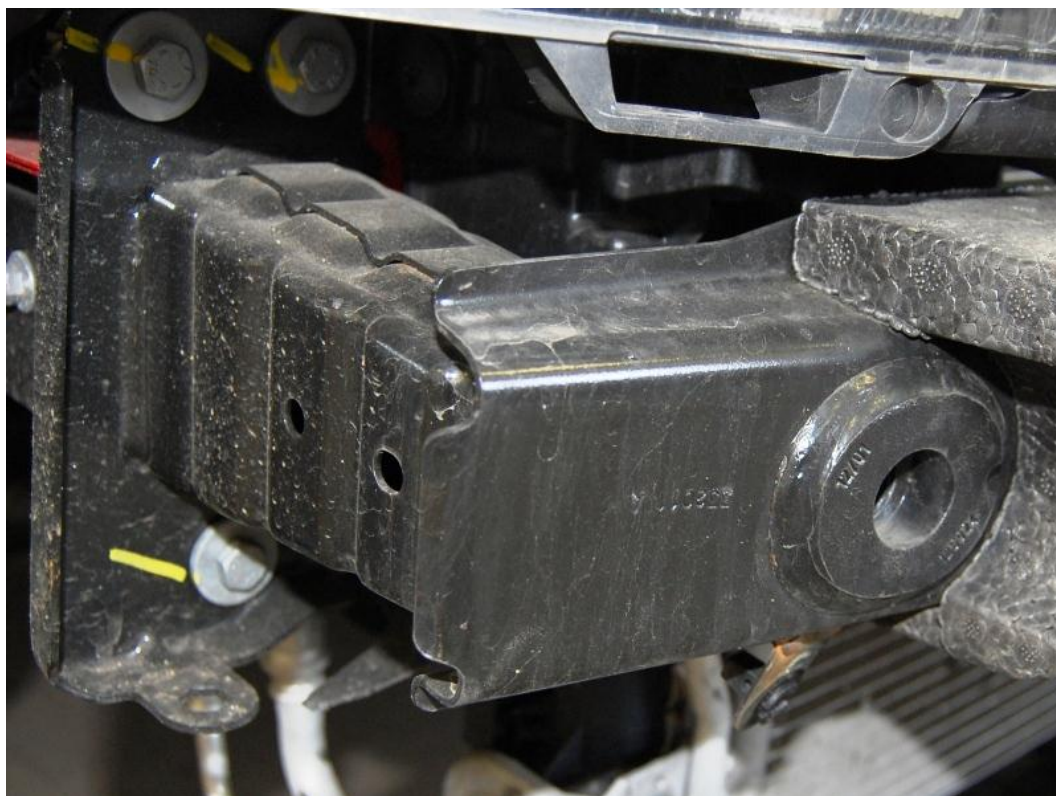
**Příklady provedení deformačních členů a příčníku dnešních automobilů:**



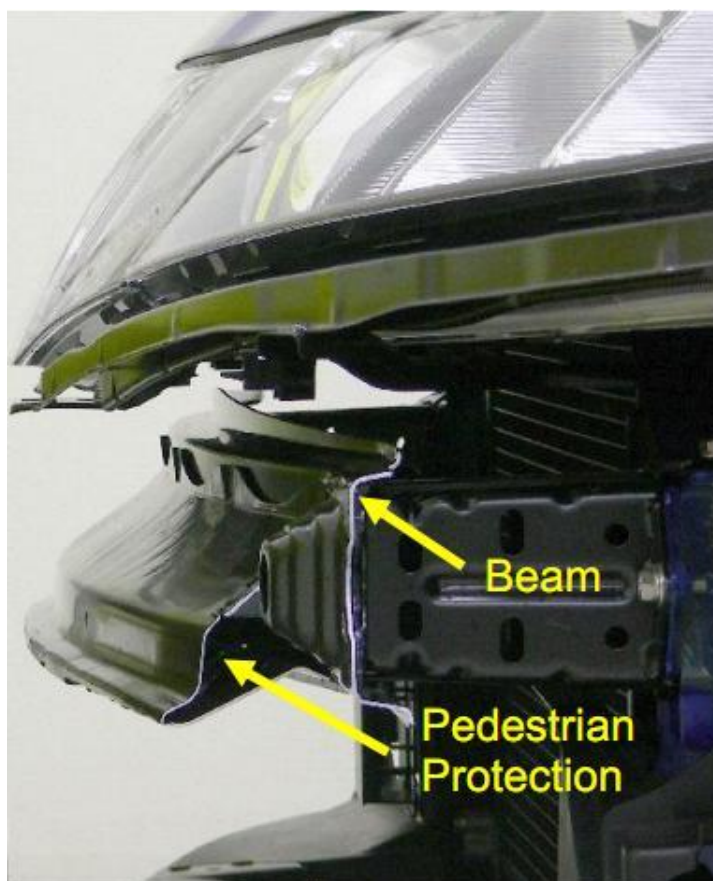
*Obr. 2 Výztuž předního nárazníku Škoda Fabia r.v. 2011*



*Obr. 3 Výztuž předního nárazníku Škoda Octavia r.v. 2012*



*Obr. 4 Výztuž předního nárazníku Škoda Roomster r.v. 2010*



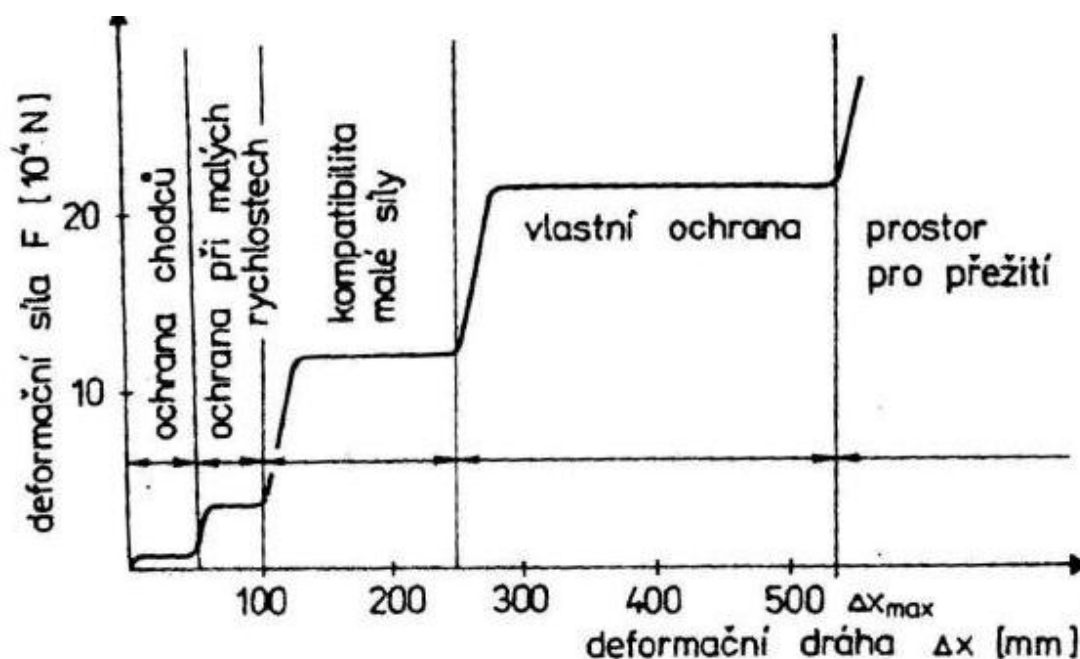
*Obr. 5 Výztuž předního nárazníku Opel Astra [4]*

### 2.3 Způsoby namáhání nárazníku

Ze statistických údajů nárazů osobních automobilů vyplývá, že přední nárazník je zatěžován v 61% případů srážky automobilu s jiným tělesem. Z tohoto důvodu je přední částí vozidla věnována zvýšená pozornost při konstrukci všech dílů podílejících se na pohlcování kinetické energie pohybujícího se automobilu.

V případě čelního nárazu vstupují do reakce nejdříve prvky konstrukce k ochraně bezpečnosti chodců. Tato část se nachází mezi plastovým krytem nárazníku a výztuží nárazníku (vyrobena z měkčených plastů, polystyrénu). Dále je deformována část pro případ kolizí za nízkých rychlostí (předpis RCAR), následuje deformace karoserie spolu s motorem. [5]

#### Deformační charakteristika struktury vozidla



Obr. 6 Silové hladiny deformačních zón v závislosti na deformaci [5]



## 2.4 Světové organizace testující automobily

Nové automobily testují nárazovými zkouškami a vyhodnocují jejich výsledky zejména tyto organizace:

- Euro NCAP (European New Car Assessment Programme) – Evropa
- RCAR (Research Council for Automobile Repairs) – celosvětová organizace
- IIHS (Insurance Institute for Highway Safety) - Amerika
- NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) – Amerika
- C-NCAP (China New Car Assessment Programme) – Čína
- JNCAP (Japan New Car Assessment Programme) – Japonsko
- ADAC (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club) – Německo

Některé níže uvedené crashtesty nejsou přímo zaměřeny na přední nárazník, přesto jsou z důvodu úplného uvedení do problematiky nárazových zkoušek důležité. Pro Českou republiku, jakožto součást Evropy, jsou zajímavé organizace působící v Evropě. Na ně se dále zaměřím.

### 2.4.1 Testy dle Euro NCAP

Euro NCAP je název organizace provádějící evropský spotřebitelský test bezpečnosti nových vozů, tzv. bariérové zkoušky. Výsledky testů slouží ke snadnější orientaci spotřebitelů na trhu, jelikož výsledky jsou veřejně dostupné, nezávislé a souměřitelné.

Organizace Euro NCAP byla založena v roce 1997, dnes sídlí v Bruselu a sdružuje představitele ministerstev dopravy zemí EU, automobilových asociací, pojišťoven a zákaznických organizací. Název Euro NCAP vychází z anglického European New Car Assessment Programme neboli Evropský program hodnocení nových vozů. Euro NCAP je ekvivalent podobných testů ve Spojených státech, Japonsku nebo Austrálii.

Cílem konsorcia Euro NCAP je nezávislé hodnocení pasivní bezpečnosti automobilů všech značek. Výsledky jsou vyjádřeny přidělením určitého počtu hvězdiček. Počet hvězdiček se pohybuje od 0(nevyhovující) po 5(bezpečné).

Během vývoje nového automobilu, ještě před uvedením na trh, musí projít každý nový model tzv. homologačními testy. Výsledky těchto testů nejsou veřejně přístupné a navíc mohou být pro každý trh trochu jiné, proto v Evropě vznikl jednotný test Euro NCAP. V roce 1998 vyšly první testy jednotného systému hodnocení Euro NCAP prováděné za souměřitelných podmínek. Na chodu těchto zkoušek se podílejí i ministerstva vlád Německa, Francie, Nizozemí, Švédska a Velké Británie. Dalšími strategickými partnery jsou Královský automobilový klub ve Velké Británii, ADAC, FIA a další.

Nezávislá autorizovaná zkušebna provádějící testy anonymně zakoupí vůz. Tím je zaručen náhodný výběr vozu a je vyloučeno ovlivnění ze strany automobilky. Pak jsou přizváni zástupci dané značky, kteří asistují při přípravě vozu na testy. Samotné zkoušky se pak zúčastní jako pozorovatelé. Zkouška je provedena pouze jednou.



**Euro NCAP provádí následující hlavní zkoušky:**

- čelní náraz do deformovatelné přepážky – 64 km/h
- boční náraz – 50 km/h
- střet s chodcem – 40 km/h
- boční náraz na sloupek – 29 km/h
- test ochrany dětí
- test ochrany krční páteře
- test bezpečnostních systémů

Pro vyhodnocení testu slouží figuríny se senzory zrychlení, díky těmto měřením lze získat představu o namáhání těla posádky. V rámci Euro NCAP se pro čelní náraz používá figurína Hybrid III a pro boční náraz figurína EuroSID I.

**Výsledky testů jsou rozděleny do čtyř hlavních kategorií:**

- ochrana dospělé posádky
- ochrana dětí
- ochrana chodců
- bezpečnostní systémy

Výsledky crashtestu jsou vyjádřeny pomocí procent ochrany, podle nichž je přidělen počet hvězdiček, 0 – 5. Pro podrobnější a uživatelsky velmi komfortní vyobrazení výsledků se používá grafika těl posádky rozdělaná na jednotlivé sektory. Barva jednotlivých částí pak určuje míru možného poškození této tělesné partie. Obdobně se symbolicky vyjadřuje míra ochrany chodců při střetu s vozidlem.[8][10]

## Výsledky testů vozu Ford Focus 1,6 TDCI



Obr. 7 - Výsledky testu Euro NCAP – Ford Focus 2012 [7]

### ČELNÍ NÁRAZ

15 b.



řidič



pasažér

Obr. 8 - Výsledky čelního nárazu [7]

### BOČNÍ NÁRAZ VOZIDLEM BOČNÍ NÁRAZ SLOUPEM

7,6 b.  
7,2 b.



Vozidlo



Sloup

Obr. 9 - Výsledky bočního střetu [7]

### NÁRAZ ZE ZADU (WHIPLASH)

3,3 b.



<span style="background-color: green; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>	dobré
<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>	slušné
<span style="background-color: orange; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>	dostačující
<span style="background-color: brown; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>	slabé
<span style="background-color: red; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>	špatné

Obr. 10 - Výsledky zadního nárazu [7]

### CHODEC

Celkem 26 b. | 76%



<span style="background-color: green; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>	dobré
<span style="background-color: orange; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>	dostačující
<span style="background-color: red; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>	špatné

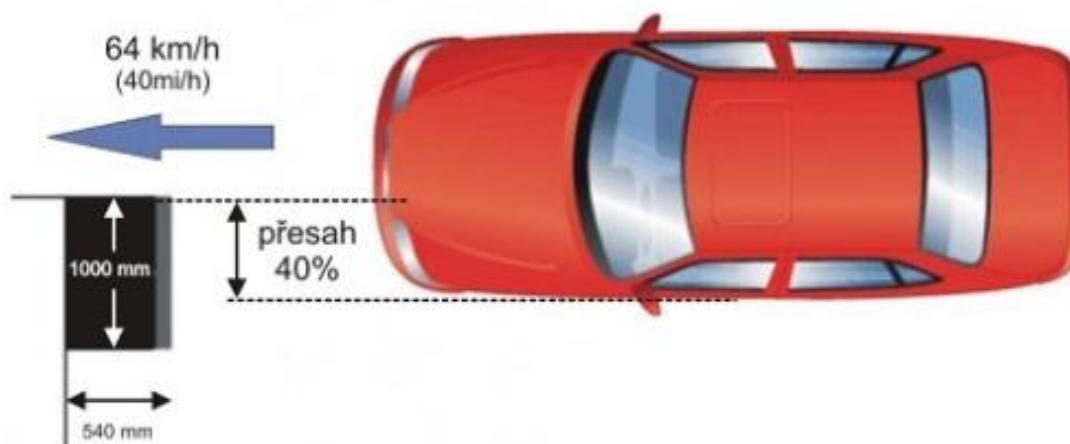
hlava	16 b
pánev	6 b
noha	4 b

Obr. 11 - Výsledky střetu s chodci [7]

### Čelní náraz – Euro NCAP

Základ zkoušky čelního nárazu vychází z metodiky homologační zkoušky evropské komise pro bezpečnost.

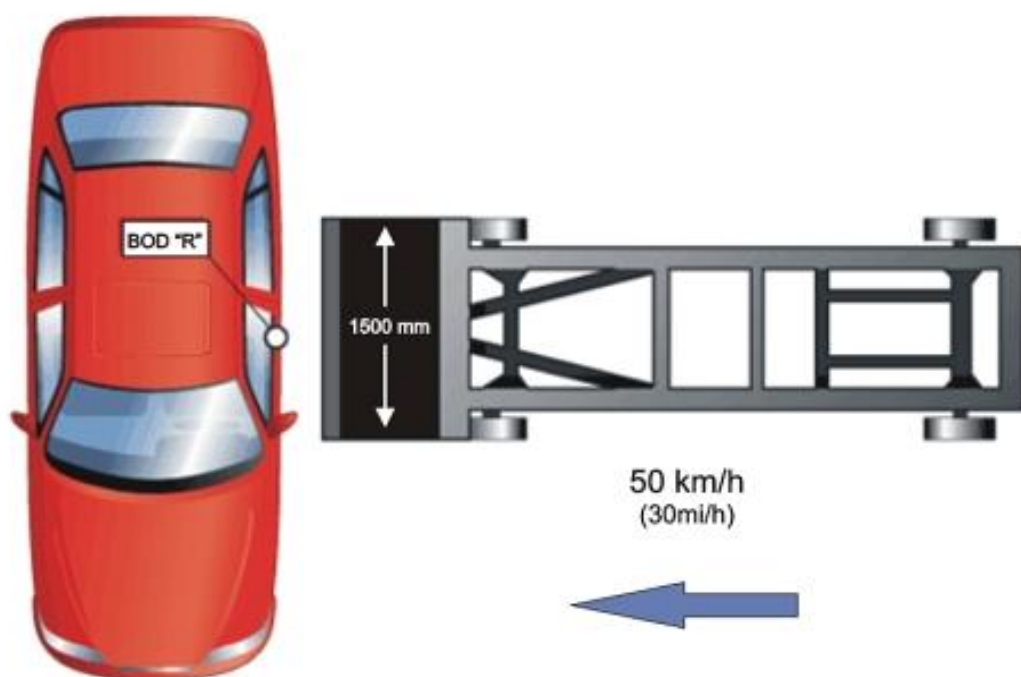
Čelní náraz reprezentuje nejčastější typ střetu automobilu s mnohdy tragickými následky. V reálném provozu by náraz odpovídal částečnému střetu dvou protijedoucích automobilů, z nichž každý jede cca 55 km/hod. Při tomto testu však automobil naráží rychlostí 64 km/h (40mi/hod) do deformovatelné bariéry. Oproti homologační zkoušce je rychlost střetu o 8 km/h vyšší. Náraz do deformovatelné bariéry je veden s přesahem 40%. Bariéra je vyrobena z hliníkových pláství, strukturou připomínajících včelí plástve. [8]



Obr. 12 - Čelní přesazený náraz dle Euro NCAP [8]

**Boční náraz – Euro NCAP**

Boční crashtest simuluje náraz do boku automobilu jiným vozidlem. Při bočním nárazu podle metodiky Euro NCAP naráží vozík jedoucí rychlostí 50 km/h do boku stojícího vozidla. Vozík má v přední části deformovatelnou bariéru simulující přední část automobilu. Hmotnost vozíku je stanovena na 950 kg. Náraz je veden na straně řidiče do tzv. bodu R. V tomto bodě má 95% mužů kyčelní oblast. [8]

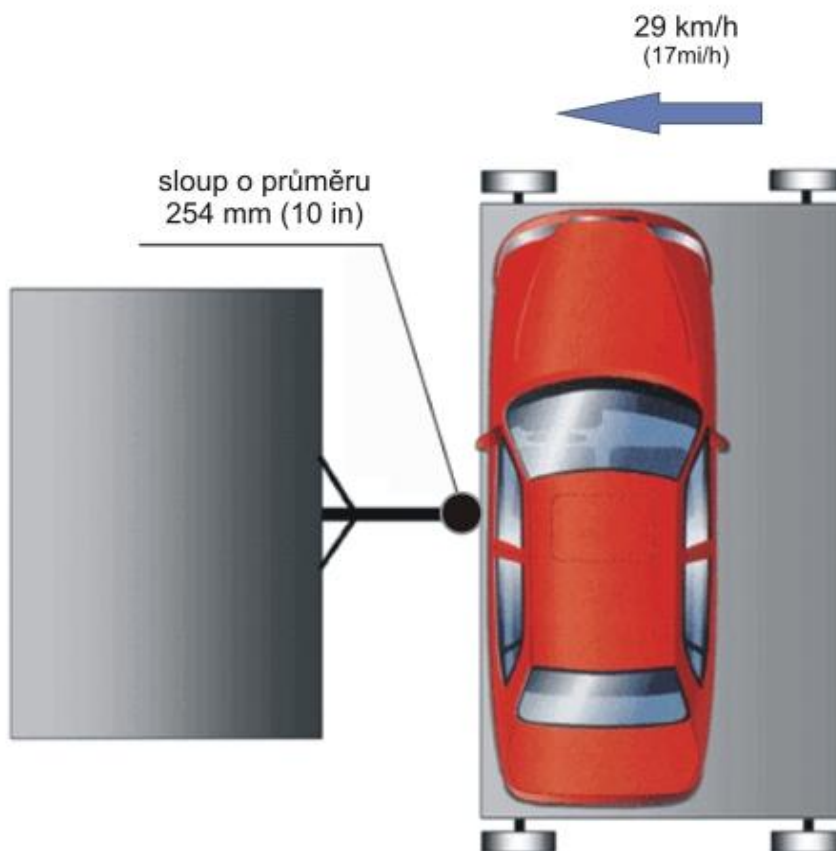


*Obr. 13 - Boční náraz dle Euro NCAP [8]*

### Boční náraz do sloupu – Euro NCAP

Boční náraz do sloupu představuje střet automobilu s pevnou překážkou či stromem, např. po nezvládnutém smyku. Jedná se o jeden z nejtěžších střetů, při kterém vznikají velmi vážná poranění.

Při bočním nárazu do vozidla vznikají velmi vážná zranění. Jedna část nárazů vzniká při nehodách, kdy řidič nedá přednost v jízdě a druhé vozidlo do něj z boku naráží. K posuzování bezpečnosti automobilu při tomto druhu dopravních nehod slouží test bočního nárazu. Další velká část zranění je způsobena při nárazu vozidla bokem do pevné překážky, kterou může být např. sloup či strom. Tyto pevné překážky mají relativně malou čelní plochu a při nárazu pronikají hluboko do prostoru pro posádku. K posuzování tohoto typu nehody slouží test bočního nárazu na sloup. [8]



Obr. 14 - Boční náraz na sloup dle Euro NCAP [8]

Při testu bočního nárazu do sloupu je vozidlo umístěno na pohyblivé plošině a posláno proti pevné tyči rychlostí 29 km/h. Tyč má pevně stanovené rozměry, její průměr je 254 mm. Oproti testu bočního nárazu tyč proniká relativně hluboko do prostoru pro posádku. Při absenci hlavových airbagů může dojít k fatálním poraněním.

### Ochrana chodců – Euro NCAP

Tento test simuluje náraz vozu v oblasti nárazníku s nohou chodce, kolene a pánve v oblasti hrany kapoty. Rozlišuje se náraz hlavy dospělého člověka a dítěte. Zkouška se provádí pomocí impakrotů nohy, horní části nohy, hlavy dospělého člověka a dítěte. [8]



Obr. 15 - Výsledky střetu s chodci [7]

### Ochrana dětí v autosedačce – Euro NCAP

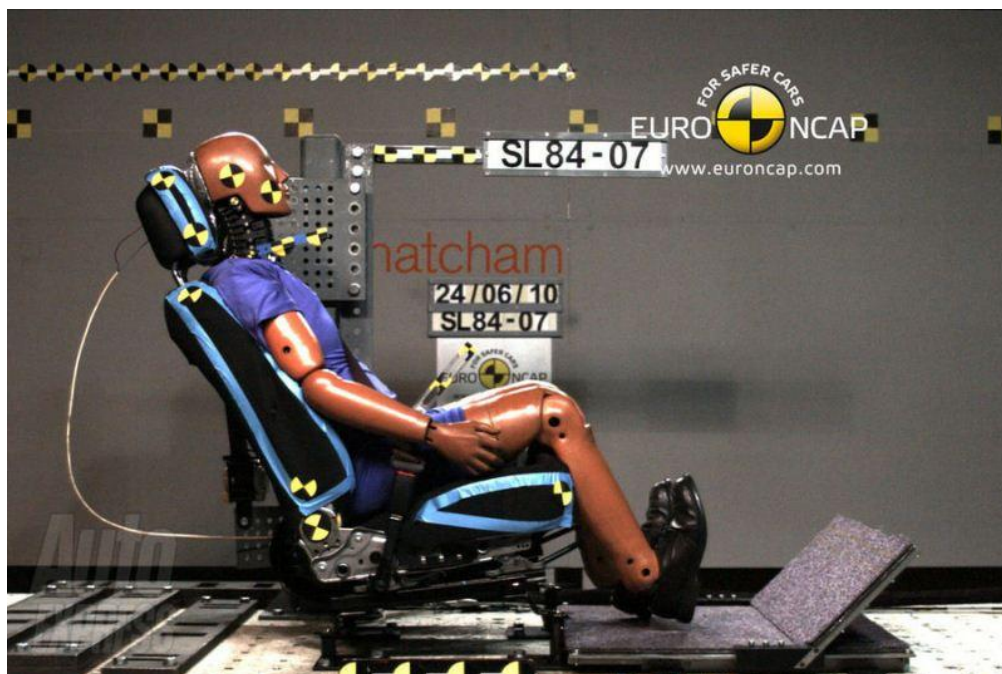
Jde o testování autosedaček v případě čelního přesazeného nárazu. Jedna dětská autosedačka je umístěna na předním sedadle proti směru jízdy, druhá, pro větší děti, na zadním sedadle ve směru jízdy. [8]



Obr. 16 - Poloha figurín ve voze Chevrolet Aveo [7]

**Whiplash – Euro NCAP**

Jedná se o test sedadla, kde se sleduje zejména chování figuríny v oblasti krku. Zkouška analyzuje možná vzniklá poranění v této oblasti.



*Obr. 17 - Zkouška whiplash [7]*

### **2.4.2 Test při nízké rychlosti nárazu, 15km/h (RCAR)**

Nárazovou zkouškou zaměřující se na míru poškození vozidla při nárazech za nízkých rychlostí se zabývá organizace RCAR.

RCAR je mezinárodní skupina automobilových výzkumných center, jejichž primárním cílem je snížit lidské a ekonomické náklady na ztráty motorových vozidel. V současné době má 25 členů, působí v 19 zemích na pěti kontinentech: Evropa, Asie, Severní Amerika, Jižní Amerika a Austrálie.

#### **Účel a oblast použití testu**

Tento předpis má umožnit zejména snížení nákladů oprav prováděných na vozidlech po nárazu za nízké rychlosti do 15km/h. Popisuje přípravu vozidla pro test a průběh testu. Nárazová zkouška slouží pro ověření požadovaných vlastností konstrukce vozu a k hledání a ověřování nových konstrukčních řešení v dané problematice.

Tento test je prováděn pro vozidla o hmotnosti do 2,5 tuny. S ostatními vozidly je možno zacházet obdobně, pokud je to požadováno výrobcem automobilu nebo zkušební laboratoří.

### **DEFINICE POJMŮ PRO PRŮBĚH ZKOUŠKY**

#### **Zádržný systém vozidla**

Je vnitřní výbava a zařízení vozidla sloužící k omezení pohybu cestujících.

#### **Airbag (podpurný zádržný systém)**

Zařízení doplňující bezpečnostní pásy a zádržné systémy ve vozidle, tedy systémy, které v případě většího nárazu automaticky rozmístí flexibilní konstrukce, které se naplní stlačeným plynem podle závažnosti kontaktu jedné nebo více částí těla cestujícího s interiérem vozidla.

#### **Šířka vozidla**

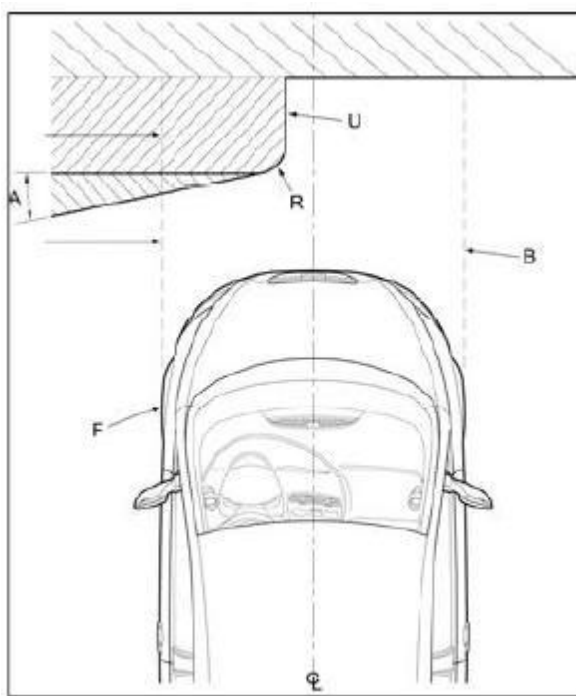
Vzdálenost mezi dvěma rovinami, jež jsou rovnoběžné s podélnou střední rovinou vozidla a dotýkající se na obou stranách centrální linie vozu. Zrcátka, boční



obrysová světla, měřiče tlaku v pneumatikách, směrová světla, poziční světla a vyčnívající části, které se dotýkají s vozovkou by měly být odebrány. (Bývá to obvykle v podběhu, ale ne vždy). Dovoleno je pouze styk pneumatiky vozidla s vozovkou.

### Nastavitelná bariéra

Je nedeformovatelné zařízení souhlasné s rozměry uvedenými na Obr. 19



Legenda:

U=40% překrytí

B= celková šířka vozidla

R= 150mm rádius

F= zkoušené vozidlo

A= úhel 10°

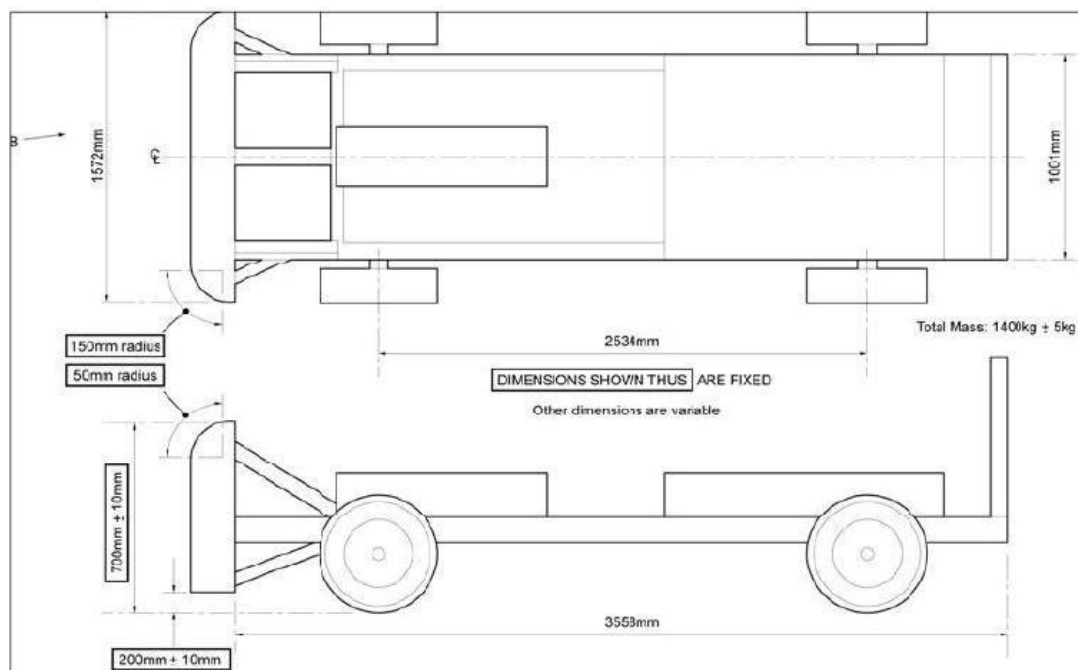
Obr. 18 - Pevná bariéra – čelní náraz [4]

### Přesazení / Offset (překrytí)

Procentuální podíl šířky vozidla vpředu nebo vzadu je definován v „Šířka vozidla“ přímo v souladu s hranou na nastavitelné pevné nebo mobilní bariéře.

### Mobilní bariéra

Zařízení se shoduje s pevně danými rozměry, které jsou uvedeny v rámečcích na Obr. 20 (ostatní rozměry jsou pouze doporučené)



Obr. 19 - Mobilní bariéra [4]

### Vlastní pohotovostní hmotnost vozidla

Hmotnost vozidla v provozním stavu, nenaloženého a neobsazeného, ale plně naplněného palivem (dle popisu výrobce vozidla), chladicí kapalinou, mazivem, nářadím a náhradním kolem (pokud jsou standardně dodávány výrobcem vozidla).

## **INSTALACE A PŘÍPRAVA ZKOUŠEK VOZIDLA PRO PŘEDNÍ NÁRAZ**

### **Testovací prostory**

Prostor pro zkoušku musí být dostatečně velký, aby umožňoval dosáhnout potřebného zrychlení vozidla, možnost instalace bariéry a dalšího nezbytného technického vybavení. V poslední části testovací dráhy, nejméně 5 metrů před bariérou musí být povrch vodorovný a hladký.

### **Nastavitelný nárazník (Utvařeč)**

Je to bariéra, která se skládá s nastavitelného nárazníku, jehož rozměry jsou uvedeny na Obr. 19. Čelní plocha bariérového nárazníku musí být kolmá  $\pm 1^\circ$  na směr jízdy zkušebního vozidla. Bariérový nárazník může být upevněn na pevnou překážku tak, aby přední strana byla vertikální s přesností  $\pm 1^\circ$ , nebo může být zakotven přímo na zem, nebo se umístí na podlahu a je-li to nezbytné, doplní se zadržovacím zařízením k omezení pohybu. Hmotnost bariéry s nárazníkem nesmí překročit dvojnásobek hmotnosti testovaného vozidla.

### **Orientace nastavitelného nárazníku**

Orientace nastavitelného nárazníku musí být taková, aby kontakt vozidla s nastavitelným nárazníkem byl na stranu řidiče.

### **Zarovnání zkušebního vozidla s nárazníkem**

Zkušební vozidlo se překrývá s nastavitelným nárazníkem o  $40\% \pm 25\text{mm}$  viz Obr. 18.

### **Zkušební vozidlo**

Zkušební vozidlo nesmí být dříve poškozené a musí být zástupcem sériově vyráběného modelu (obvykle nejvíce populárního modelu) a musí zahrnovat všechnu standardně dodávanou výbavu. Některé komponenty mohou být nahrazeny ekvivalentní hmotností, kde záměna nebude mít znatelný vliv na výsledky.

### **Hmotnost zkušebního vozidla**

Vozidlo pro zkoušku musí být co nejméně nenaložené a hmotnost se navýší pouze o 75kg, připadajících na figurínu řidiče, viz „figuríny“ Pokud této hmotnosti

není možné dosáhnout, vozidlo může být testováno i při nižší hmotnosti, než je uvedeno, ale pouze po dohodě s výrobcem vozu a zkušebnou. Tato skutečnost se poté uvede do protokolu o zkoušce. Zkušební vozidlo musí být zatíženo hmotností paliva pro plnou nádrž podle parametrů výrobce vozidla s tolerancí  $\pm 5\%$ . Palivo může být nahrazeno náhradou zavedenou do palivové nádrže vozidla. Všechny ostatní systémy s kapalinami by měly být prázdné, avšak měly by být nahrazeny ekvivalentní zátěží v místech, kde je to vhodné. Klimatizační systémy obsahující ekologicky závadná chladiva musí být prázdné z důvodu ochrany prostředí a po nárazu se tlakovou zkouškou zjistí jejich případné poškození. Hmotnost zkušebního zařízení ve vozidle musí být kompenzována odstraněním zátěže nebo některé části vozidla, která nemá na výsledek testu vliv. Hmotnost zátěže nebo hmotnost zkušebního zařízení nebo hmotnost odebraných dílů by neměla mít větší vliv než 5%, každá z nich nepřesahující 20kg.

Na základě dohody s výrobcem a zkušebnou může být vozidlo testováno při vyšší hmotnosti, než určuje bod „hmotnost zkušebního vozidla“, tato skutečnost by měla být poznamenána do protokolu o zkoušce. Celková zkušební hmotnost vozidla, by měla být zaznamenána v protokolu o zkoušce.

## **NASTAVENÍ KABINY ZKOUŠENÉHO VOZIDLA**

### **Pozice volantu**

Volant musí být natočen v pozici uprostřed mezi krajními mezemi svého rozsahu.

### **Skla**

Pohyblivá okna musí být zavřená nebo otevřená, v souladu s požadavky výrobce nebo zkušebny.

### **Řadicí páka**

Řadicí páka musí být v neutrální poloze.

**Ruční brzda**

Ruční brzda musí být ve vypnuté poloze. (U některých testů je částečné užití ruční brzy akceptovatelné – např. pro vytvoření zpomalení, ve fázi, když už není testované vozidlo pod vlivem poháněcího přístroje a výpočet zpomalení je jasně zaznamenán ve zkušebním protokolu).

**Pedály**

Pedály musí být ve své normální poloze. Avšak pokud jsou nastavitelné, měly by být ve střední poloze.

**Dveře**

Dveře jsou zavřené, ale ne zamčené. U vozů, kde jsou zařízení, které odemknou dveře před nárazem, mohou být zamčeny, aby se otestovala funkčnost těchto zařízení pokud je to požadováno.

**Střešní okno**

Musí být v zavřené poloze.

**Skládací střecha**

Skládací střecha by měla být v poloze nahoře.

**Opěrky hlavy**

Nastavitelné opěrky hlavy musí být v horní poloze.

**Bezpečnostní pás s horním kotevním bodem**

Nastavitelné horní ukotvení bezpečnostního pásu bude nastaveno ve střední poloze.

**Sedadla**

Přední sedadla by měla být nastavena v podélném směru ve své střední poloze nebo nejbližší zablokované pozici od středu. Výškově seřiditelná sedadla budou také nastavena ve středu. Pozice opěradla předního sedadla bude seřízena tak, aby byla figurína co nejbližší k doporučené poloze výrobcem. Pokud výrobce nestanoví jinak, budou nastavena do polohy 25° směrem dozadu od svislé osy.

### **Snímače zapalování**

Chceme-li zjistit, zda je či není SRS systém funkční, musí být spínač zapalování umístěn v poloze "zapnuto" u vozidla využívající normální klíček zapalování. Po dobu trvání zkoušky může být klíč dočasně zajištěn v zapnuté pozici páskou nebo jiným samolepícím materiálem. Motor by měl být vypnut, kromě případů, kdy je motor používán k pohonu zkušebního vozidla.

V autech, která jsou vybavena airbagy, by se měla dostatečně dlouho sledovat kontrolka funkce pro ujištění, že je systém aktivní, když je spínač zapalování zapnut. (Obvykle kontrolka zhasne po několika sekundách, což značí, že je systém funkční). Tímto se také otestuje systém předepínání bezpečnostních pásů u vozů, v nichž je tento systém namontován).

### **Figuríny**

Jednoduchá figurína odpovídající 75kilovému muži, nebo antropomorfickému testovacímu zařízení (ATD) odpovídající 50 percentilům muže by měla být nainstalována do pozice řidiče. Případně může být automobil zatížen jiným způsobem na místě řidiče. Hmotnost figuríny nebo zátěže by měla být zaznamenána ve zkušebním protokolu. Zadržný (bezpečnostní) systém vozidla musí být použit pro figurínu.

### **Pohon a průběh zkoušky vozidel**

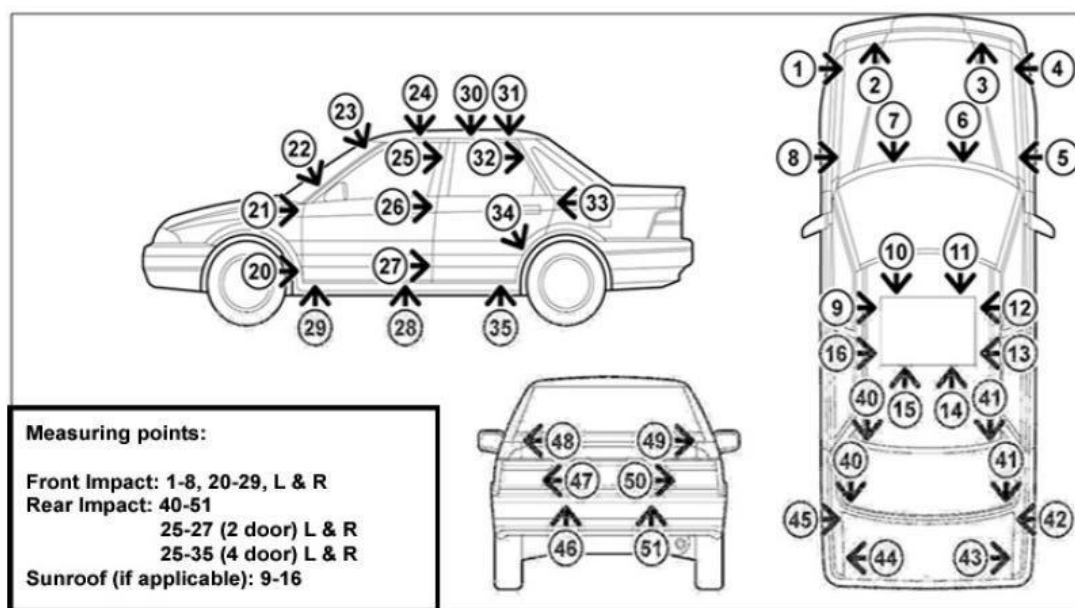
Zkušební vozidlo může být poháněno vlastním motorem nebo jiným hnacím zařízením. V okamžiku nárazu zkoušeného vozidla nesmí být vozidlo ovlivněno žádným vlivem hnacího zařízení nebo jakéhokoliv jiného zařízení. Průběh zkoušky vozidla musí být takový, aby splňoval požadavky bodu „Orientace nastavitelného nárazníku,,

### **Zkušební rychlost**

Zkušební rychlost vozidla ve vzdálenosti 1m před nárazem do bariéry bude  $15^{+1}_{-0}$  km/h. Skutečná nárazová rychlost musí být zaznamenána ve zkušebním protokolu.

### Měření a kontroly, které se mají provádět na zkušebním vozidle

Vnější panel měření mezer může být přijat před každou nebo po každé zkoušce v souladu s navrhovaným záznamovým formulářem. Případně další významná měření, mohou být přijata podle dohody zkušebny a výrobce.



Obr. 20 - Body měření mezer na vozidle [4]

Akcelerometry mohou být umístěny kolem vozidla pro účely shromažďování údajů. Snímače ve spodní části "B" na obou stranách zkušebního vozidla mohou být využity jako referenční bod ve směru X. Akcelerometry mohou být umístěny také na řídicí jednotce airbagu nebo na jiném místě v souladu s požadavky na zkušebny nebo výrobce. Akcelerometry musí být pevně namontovány v konstrukci z materiálu, který neruší přenos signálu a nebude měnit jeho vlastnosti. Barevné fotografie se používají pro záznam obrazu testovaného vozidla před a po každém nárazu.

Měření se provádí před a po každém nárazu a vyhodnocuje se deformace. Musí být použito odpovídajícího vybavení pro měření a pokaždé musí být nastaveny stejné referenční body a stejný čas zápisu dat. Zkoušené vozidlo musí mít zkontrolovánu geometrii všech čtyř kol před a po nárazu. Může být použito

jakéhokoliv vhodného měřicího zařízení, které zaznamenává všechny významné údaje geometrie a zařízení umožňující trvalý záznam dat.

Pokud je zkoušené vozidlo vybaveno bezpečnostními pásy s předepínači, které jsou v činnosti při nárazu vozidla, zkontrolují se předepínače před nárazem zda jsou v provozuschopném stavu a po nárazu se určí, zda fungovaly správně. Stav předepínaču po zkoušce se zapíše do protokolu. V případě, že zkušební vozidlo je vybaveno systémem airbagů, stav airbagů po nárazu bude uveden v protokolu o zkoušce.

### **Instalace a příprava zkoušek vozidla pro zadní náraz**

Instalace a příprava zkoušky zadního nárazu probíhá obdobně jako u předního, jen s těmito rozdíly.

### **Mobilní bariéra**

V tomto případě se nepoužije pevné bariéry, ale pohyblivé. Rozměry mobilní bariéry jsou na Obr. 20. Nápravy bariéry musí být přesně srovnány a zajištěny tak, aby zajistily přímý směr bariéry. Mobilní bariéra musí být nastavena tak, aby po počátečním kontaktu nedošlo k dalšímu dodatečnému nárazu do zkoušeného vozidla. Mobilní bariéra musí být poháněna v souladu s „pohon a průběh zkoušky“. Mobilní bariéra má mít hmotnost  $1400 \text{ kg} \pm 5 \text{ kg}$ .

### **Zkušební rychlost**

Zkušební rychlost mobilní bariéry 1m před vozidlem musí být  $15^{+1}_{-0} \text{ km/h}$ . Skutečná zkušební rychlost musí být zaznamenána ve zkušebním protokolu.

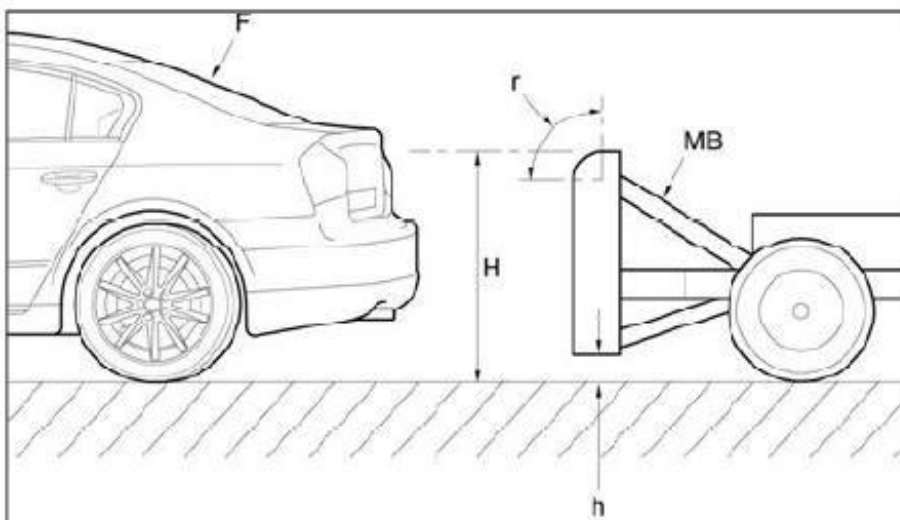
### **Zkušební vozidlo**

Zkušební vozidlo musí být v souladu s „zkušební vozidlo“. Může být použito vozidlo, které již bylo předmětem čelního nárazu. Výrobce vozidla nebo zkušební laboratoř si ověří, že zkušební vozidlo je schopné vydržet další náraz, aniž by došlo ke zkreslení výsledků zadního nárazu. To se zjistí již po průběhu prvního čelního nárazu. Zkoušené vozidlo musí být umístěno ve zkušebním prostoru takovým způsobem, že zadní část zkoušeného vozidla je směrem k mobilní bariéře

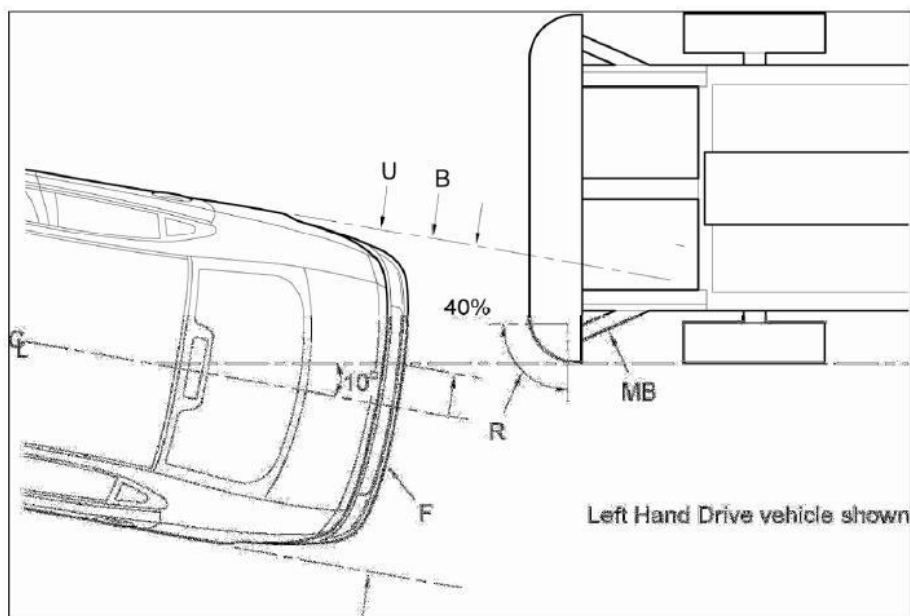


orientována tak, aby byl pro zkoušku dostatečný prostor. Přesnou pozici stanoví výrobce nebo zkušební laboratoř.

Pozice mobilní bariéry musí být taková, že překrývá zadní části zkoušeného vozidla o  $40\% \pm 25 \text{ mm}$  a je pod úhlem 10 stupňů od přední stěny mobilní bariéry viz Obr. 22.



*Obr. 21 - Zadní pojišťovací náraz, pohled z boku [4]*



Obr. 22 - Zadní pojišťovací náraz, pohled shora [4]

Legenda:

MB = mobilní bariéra

H = výška bariéry (700 mm  $\pm$  10mm)

h = světlá výška bariéry (200 mm  $\pm$  10mm)

F = zkušební vozidlo

R = konstantním poloměrem (150 mm)

r = poloměr konstantní (50 mm)

U = 40 % překrytí Offset

B = celková šířka vozidla

Zkušební vozidlo musí stát s parkovací brzdou v poloze "vypnuté". Ovšem může být, pokud je to vyžadováno pomocí ní řízen posuv vozidla během testu k nárůstu hybnosti v čase nárazu.

### Zkušební protokol

Je doporučeno, aby protokol o zkoušce obsahoval tyto informace:

- jméno výrobce
- model vozidla (včetně úrovně vybavení)
- identifikační číslo vozidla
- identifikační číslo zkušební laboratoře (pokud existuje)
- jméno a adresa zkušební laboratoře

- datum a čas nárazů
- skutečnou nárazovou rychlost
- celková hmotnost zkušebního vozidla (zahrnuje pohotovostní hmotnost vozidla, hmotnost zátěže, hmotnost figuríny a zařízení na palubě)
- hmotnost zkušební figuríny a hmotnost zátěže
- hmotnost zařízení na palubě
- rozložení hmotnosti na přední a zadní nápravu
- celková šířka vozidla
- odsazení nastavitelné bariéry od středu v mm (pro přední náraz viz Obr. 18)
- odsazení zkušebního vozidla od středu v mm (pro zadní náraz viz Obr. 22)
- tlak v pneumatikách testovaného vozidla
- pohotovostní hmotnost zkoušeného vozidla
- zpráva poškození přední a zadní části zkoušeného vozidla, včetně stavu airbagů a předepínačů bezpečnostních pásů (jsou-li namontovány)
- fotografie poškození (přední a zadní)
- kontrola geometrie všech čtyř kol (před nárazem)
- kontrola geometrie všech čtyř kol (po nárazu)
- určení měření podvozku zkoušeného vozidla - jestli je provedeno na běžně komerčně dostupné válcové zkušebně nebo měřicím systému (před nárazem)
- určení měření podvozku zkoušeného vozidla - jestli je provedeno na běžně komerčně dostupné válcové zkušebně nebo měřicím systému (po nárazu)
- konečný seznam náhradních dílů s posledně známými cenami bez slevy, které jsou nezbytné k uvedení vozidla do stavu před nárazem podmínka pro přední i zadní náraz
- záznam počtu hodin (hodinový poplatek) potřebné k odstranění poškozených částí a nahrazení novými díly a opravy těch položek, které jsou schopny opravy do stavu před nárazem podmínka pro přední a zadní náraz
- podpis zodpovědného inženýra za nárazové testy

Přední a zadní test může být zachycen digitálně na videokazetu nebo na 16 mm film. Pokud se použije vysokorychlostní film, kamera by měla být nastavena dle požadavků výrobce nebo zkušební laboratoře (obvykle 500 – 1000 FPS).

Zkušební vozidlo může být natřené na vnější a spodní straně neodrazivým materiálem na pořízení vysoce kvalitních vysokorychlostních filmových záběrů. Dolní části mohou být natřeny v různých barvách, aby se navzájem od sebe odlišily.

Zkušební vozidlo může být navíc označeno referenčními body pro vysokorychlostní filmovou analýzu. Cílové značky musí být umístěny v intervalu 200 mm podél vozidla a na dalších důležitých místech v souladu s požadavky výrobcem vozidla nebo zkušební laboratoře. Dveře mohou být označeny tak, aby byl zjištěl jejich pohyb v průběhu a po nárazu. Celý zkušební postup může být prováděn použitím kyvadla. Nicméně zařízení musí být schopné produkovat přesné výsledky, kterých by bylo dosaženo použitím konvenčního nárazového zkušebního zařízení. Příprava zkoušeného vozidla pro přední i zadní nárazy musí být v souladu s tímto předpisem. Ve zkušebním protokolu bude zaznamenána hmotnost kyvadla a výpočet pro určení výšky kyvadla nezbytné k dosažení odpovídající rychlosti  $15^{+1}_{-0}$  km/h. Přijmou se opatření k omezení pohybu zkušebního vozidla pro přední a zadní náraz využívající kyvadla. Plně vybavené zkušební figuríny odpovídající 50 percentilu figuríny mohou být použity pro sběr dat při nárazech nízkou rychlostí. Zadní nárazový test může být proveden poháněním zkušebního vozidla dozadu do bariéry vybavené specifickým uchycením, které je rozměrově kompatibilní s pevnými rozměry mobilní bariéry.

[4][10]

## **3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST**

### **3.1 Volba softwaru**

Po konzultacích se společnostmi IDIADA CZ a.s. a SVS FEM s.r.o. bylo zjištěno, že, zadavatelem upřednostňovaný, program CATIA nedisponuje modulem pro explicitní dynamické analýzy. Dále bylo zjištěno, že ani sítě generované v CATIA nejsou pro tento účel použitelné v Ansys.

Z těchto důvodů jsem se rozhodl pro užití softwaru Solidworks a Ansys, protože spolu datově komunikují a jsou pro mě dostupné.

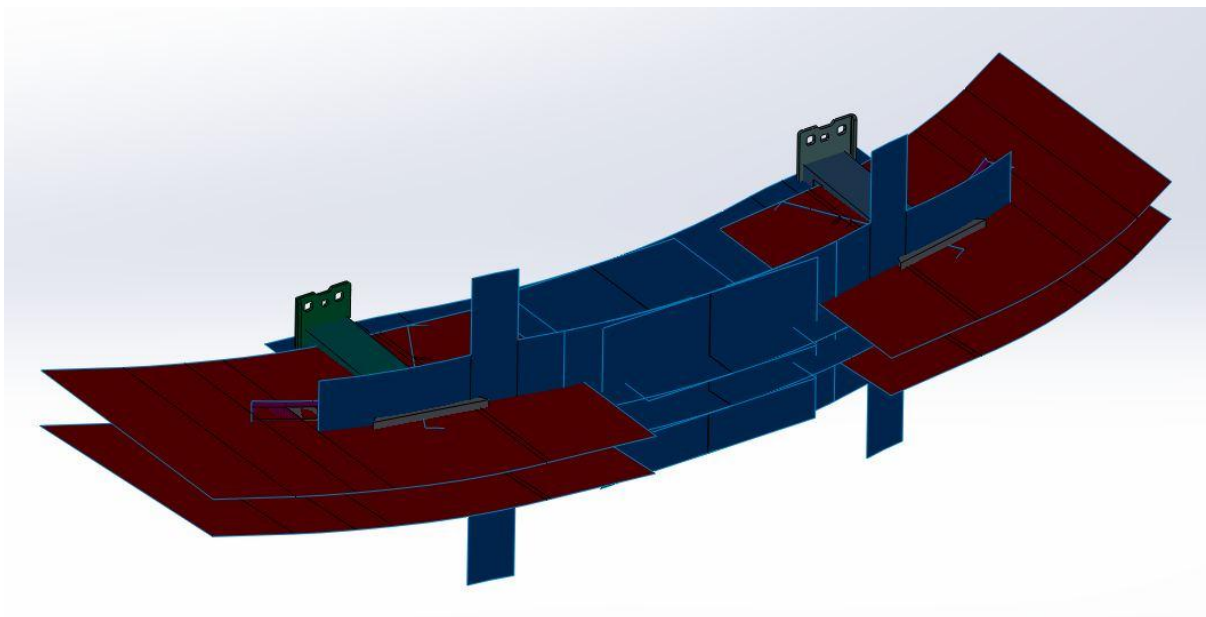
### **3.2 Parametry nárazu pro výpočet**

Simulace byla provedena pro všechny varianty konstrukce za těchto podmínek:

- Rychlost vozu 16km/h
- Výpočtový čas 0,06s až 0,1s
- Nedeformovatelná bariéra podle předpisu RCAR
- 40% překrytí vozu s bariérou.
- Výztuž nárazníku musí absorbovat energii nárazu na 150mm deformační zóně, kde maximální síla přenášená z patek na podélník nesmí překročit hodnotu 150kN.

### 3.3 Vymezení konstrukčního prostoru

Prostor pro konstrukci výztuže nárazníku byl zadavatelem práce vymezen plochami (viz obr. 23). Tyto plochy představují hranice, přes které nesmí díly výztuže nárazníku přesahovat a vychází z prostorového uspořádání přídě vozu. Mimo tento prostor hrozí kolize s jinými komponenty automobilu.



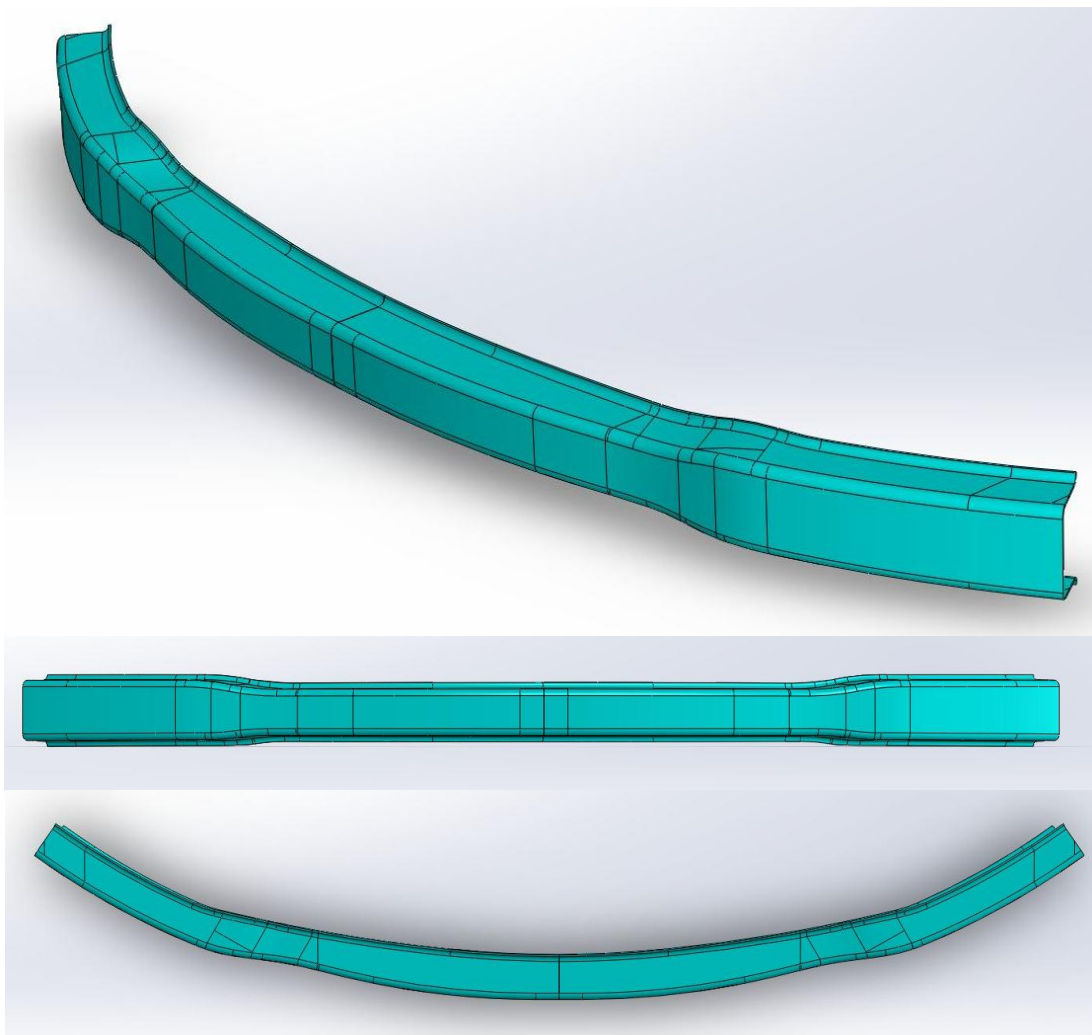
*Obr 23. - Roviny vymežující prostor pro konstrukci*

### 3.4 Postup návrhu výztuže nárazníku

Konstrukce sestavy byla provedena v programu Solidworks 2012. Model ze Solidworks 2012 byl importován přes univerzální datový formát STEP do Ansys Workbench 12.1. Zde byly nadefinovány materiály, kontakty, okrajové podmínky a parametry sítě. Samotný explicitní dynamický výpočet probíhal v Ansys 12.1, v řešiči AUTodyn.

### 3.5 Konstrukce příčnicku

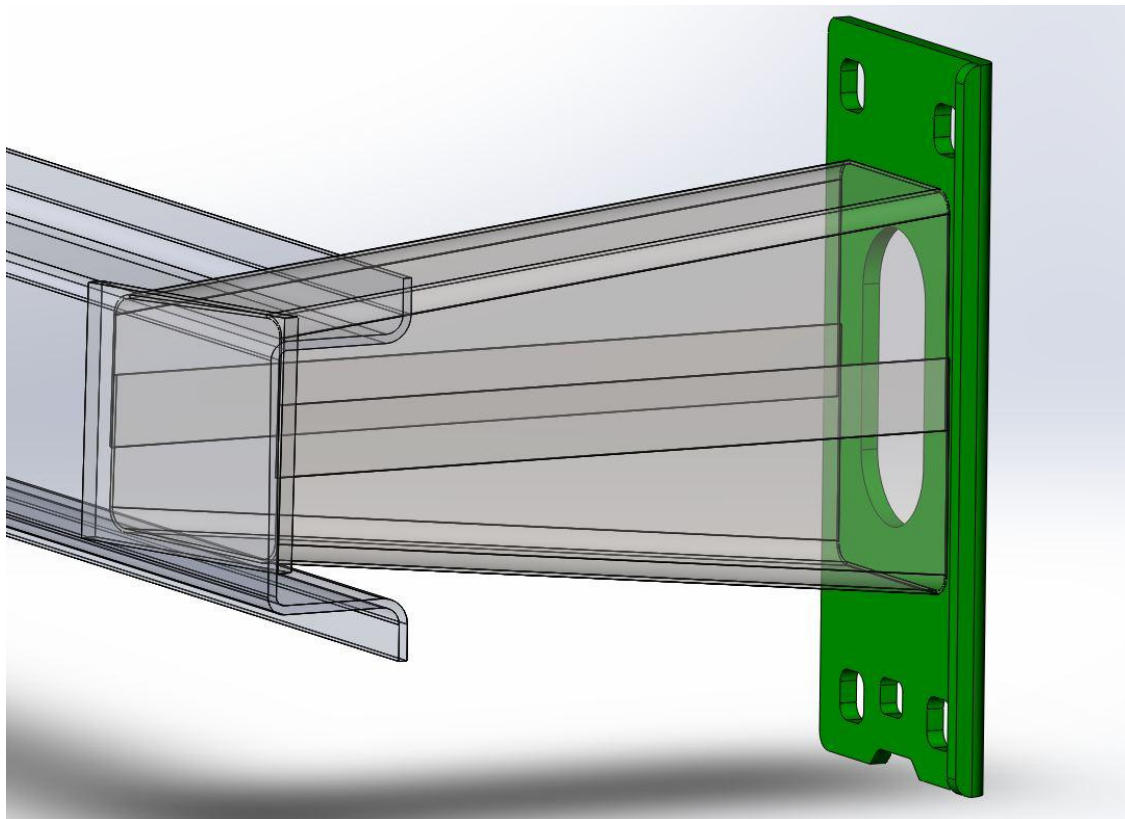
Příčník svým tvarem kopíruje vymezuující roviny. Jedná se o plechový díl tvarovaný za tepla. Z tohoto důvodu musí mít příčník geometrii umožňující snadné vyjmutí tvarovacího nástroje. Funkcí příčnicku je zabránit vniknutí tělesa do prostoru motoru v případě srážky. Tloušťka plechu: 2mm, materiál DOCOL 1000 DP.



*Obr. 24 - Příčník*

### 3.5.1 Konstrukce patek

Tvar a rozměry patky jsou určeny upevňovací částí podélníku, ke které je patka připevněna šrouby. Konstrukce patek se během návrhu výztuže nárazníku nemění. Jejich vliv na průběh deformace je totiž zanedbatelný. Tloušťka plechu: 2.5mm, materiál DOCOL 1000 DP.

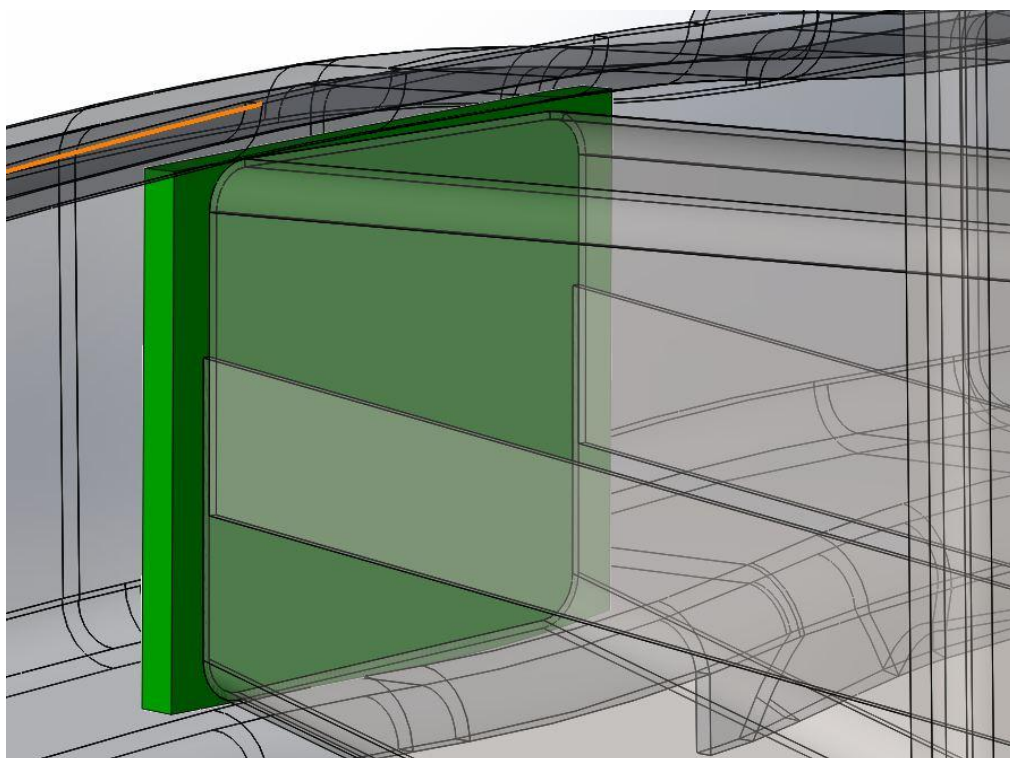


*Obr. 25 - Patka ve zjednodušené sestavě nárazníku*



### 3.5.2 Konstrukce kotvy

Funkcí kotvy je usnadnit navaření deformačních členů na příčník. Svým tvarem kopíruje vnitřní plochu příčníku a její pevnost je určena především tloušťkou materiálu. Konstrukce kotvy má na absorbování kinetické energie nárazu malý vliv, proto je v jednotlivých variantách konstrukce nemění. Tloušťka plechu: 2.5mm, materiál DOCOL 1000 DP.

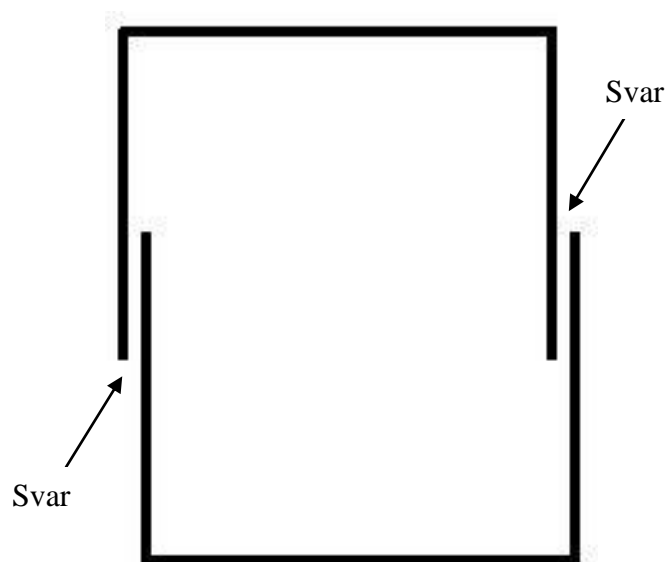


*Obr. 26 - Kotva ve zjednodušené sestavě nárazníku*

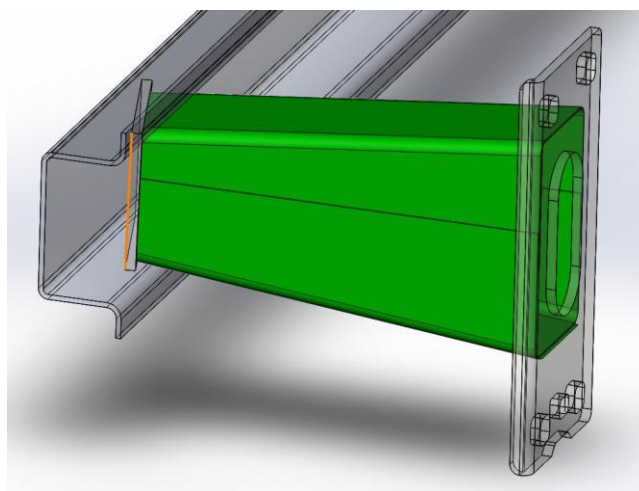
### 3.5.3 Konstrukce deformačních členů

Deformační členy hrají v konstrukci výztuže nárazníku nejdůležitější roli. Pohlcují převážnou část kinetické energie nárazu. Zbylou energii absorbuje příčník. V jednotlivých variantách konstrukce nárazníku, byly otestovány vlivy děrování, prolisů a tloušťky plechu na průběh deformace. Při návrhu jsem se nejprve zabýval teoretickými tvary a studoval jejich průběh deformace, dále jsem optimalizoval v praxi vyrobitelné konstrukční varianty. V případě svařeného deformačního členu, jsou svary vedeny po hraně přeložení.

Aby byl efekt konstrukčních opatření (prolisy, děrování) zřejmý, zůstávají vnější rozměry všech variant deformačních členů zachovány.



Obr. 27 - Řez deformačním členem



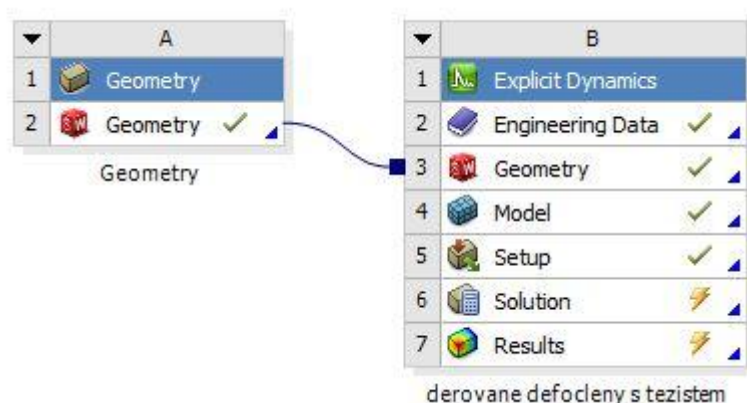
Obr. 28 - Deformační člen

### 3.6 Parametry výpočetní stanice

- Procesor: 4 x Intel® Core i5-2500 CPU @ 3,30GHz – taktováno na 4,2GHz
- Operační paměť: 16Gb KIT(4x4) DDR3 1600MHz CL9
- HDD: Intel® Solid-State Drive 330 Series 450Mb/s
- Operační systém: Win7 x64
- Grafický adaptér: Radeon HD 6800 Series
- Motherboard: Gigabite P67A-D3-B3

### 3.7 Výpočty v Ansys

Importování geometrie do prostředí Ansys Workbench proběhlo ze softwaru Solidworks prostřednictvím univerzálního datového formátu STEP. Zde byl definován také nelineární materiál a typ výpočtu jako explicitní dynamický.



Obr. 29 - Prostředí Ansys Workbench

Před vlastním spuštěním explicitního dynamického řešiče AUTODYN bylo třeba definovat velikost elementu sítě, celkový čas děje, kontakty mezi tělesy, referenční díl pro měření rychlosti, referenční díl pro měření posunutí a plochu, kde bude měřena kontaktní síla. Explicitní výpočtová metoda je typická velmi malým výpočtovým krokem, který přímo souvisí s množstvím výpočtových cyklů a tím pádem i s výpočtovým časem. Přestože lze zadat počáteční výpočtový krok, řešič jej v průběhu výpočtu upravuje. Časový krok je v explicitních úlohách daný podmínkou

$$\Delta t = \frac{L_{el}}{c} \quad (1)$$

Kde „Lel“ je charakteristický rozměr elementu a  $c$  je rychlost šíření zvuku v materiálu. Například pro jednorozměrný příklad je

$$\Delta t = \frac{L_{el}}{c} = \frac{L_{el}}{\sqrt{\frac{E}{\rho}}} \quad (2)$$

Takže velikost kroku odpovídá hustotě materiálu, tuhosti (Young modul) a velikosti elementu. Z toho plyne, že velikost kroku, která přímo ovlivňuje celkový výpočtový čas, nelze příliš měnit. Ovlivnit lze pouze velikost elementu, která je ale limitována geometrií dílu, zejména tloušťkou. Podmínka navíc platí pro každý element, tj. i pro ten nejmenší. Proto bylo třeba vytvořit rovnoměrnou síť bez zbytečně malých elementů.

Pokud síť obsahuje elementy menší, než je dáno vztahem (1), solver lineárně zkrátí časový krok a tím může výrazně prodloužit výpočtový čas. Tento problém je možné vyřešit pomocí funkce Automatic Mass Scaling.

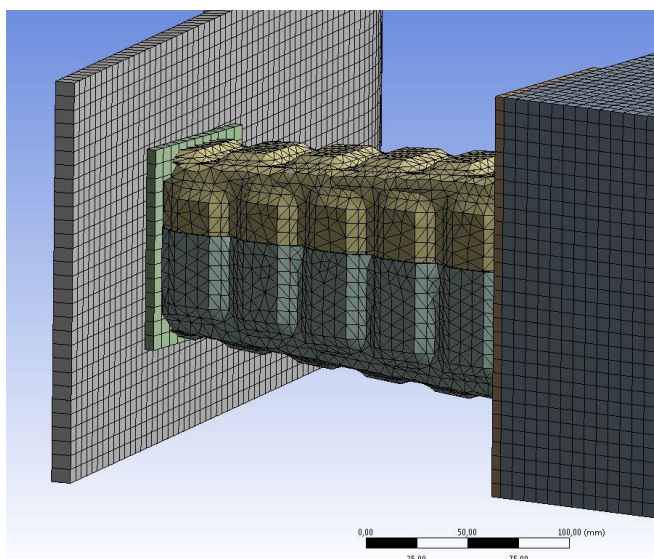
Automatic Mass Scaling uměle zvětšuje hustotu elementům, díky čemuž mění velikost časového kroku. Tento postup však negativně ovlivňuje přesnost analýzy, proto by nárůst hmotnosti dílu neměl překročit 10%. Konstrukční varianty deformačních členů byly z časových důvodů analyzovány a optimalizovány samostatně, tedy bez příčníku a kotvy.

### 3.7.1 Tvorba sítě

Požadavky na kvalitu sítě pro CAE nárazové modely jsou ve firmě Benteler s.r.o. přesně definovány.

- Sítovat na neutrální ploše
- Minimální velikost elementu: 3.00mm
- Globální velikost elementu: 4.00mm
- Maximální velikost elementu: 5.00mm
- Vnitřní úhly Tria elementu:  $30^\circ \dots 120^\circ$
- Quad úhly:  $40^\circ \dots 140^\circ$
- Mass scaling: max 100% z deformovatelných částí

Tyto podmínky jsem z důvodu náročnosti výpočtu takto definovaných sítí nemohl dodržovat. U tvarově složitějších dílů a sestav bylo nutné zvětšit velikost elementu až na 6mm. Tím byla samozřejmě snížena přesnost výpočtu. Jemnost sítě jsem volil podle výpočtového času. Vždy jsem se snažil, aby celkový čas jednoho výpočtu nepřesáhl 10h. Tato opatření bylo nutno zavést, jelikož jsem díly optimalizoval vždy až na základě výsledků předchozí simulace.



Samotná tvorba sítě je v programu Ansys automatizována. Používal jsem ale funkce „sizing“ kde jsem určil velikost minimálního elementu.

*Obr. 30 - síť*

### 3.7.2 Definice materiálů

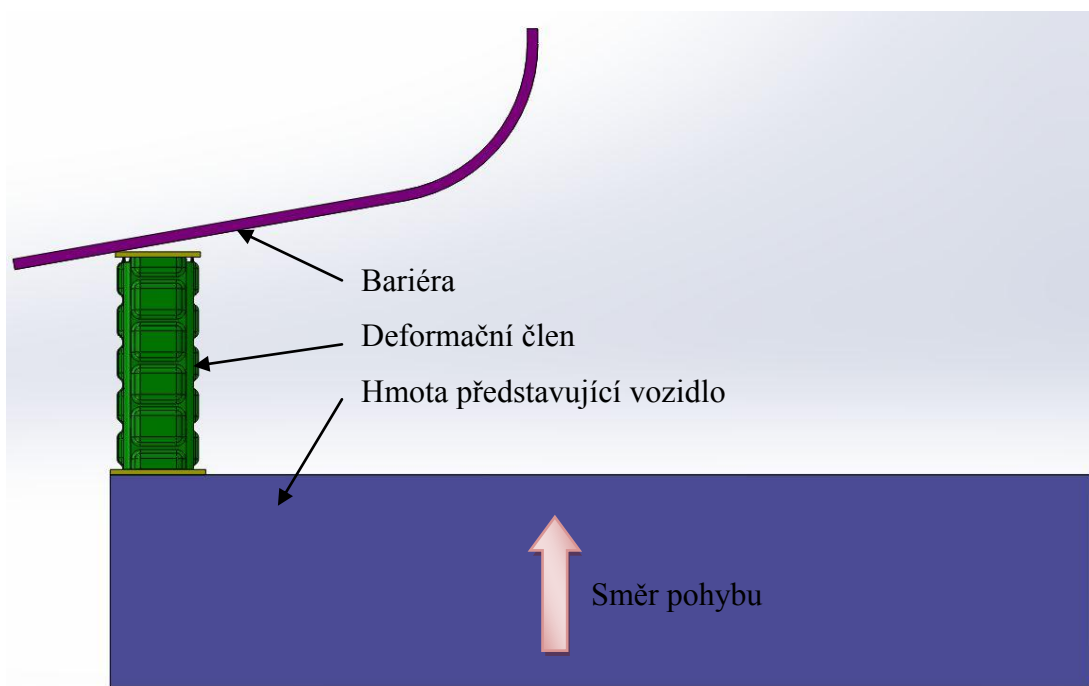
Každému z těles importovanému do prostředí Ansys mechanical musí být definován materiál. U vysokopevnostních ocelových plechů jsem zadal parametry udávané výrobcem viz kapitola 2.2.1.

Jelikož Ansys neumožňuje definovat hmotný bod, bylo nutné vytvořit těleso, představující hmotu automobilu. Pomocí objemu zastupujícího tělesa byla určena hustota materiálu tak, aby byla hmotnost tělesa 1250kg. V mém případě:

Objem tělesa představujícího hmotu vozidla:  $0,037\text{m}^3$

Hustota tělesa představujícího hmotu vozidla se pak určí podle vztahu:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{1250}{0,035} = 35714,29\text{kg} / \text{m}^3 \quad (3)$$



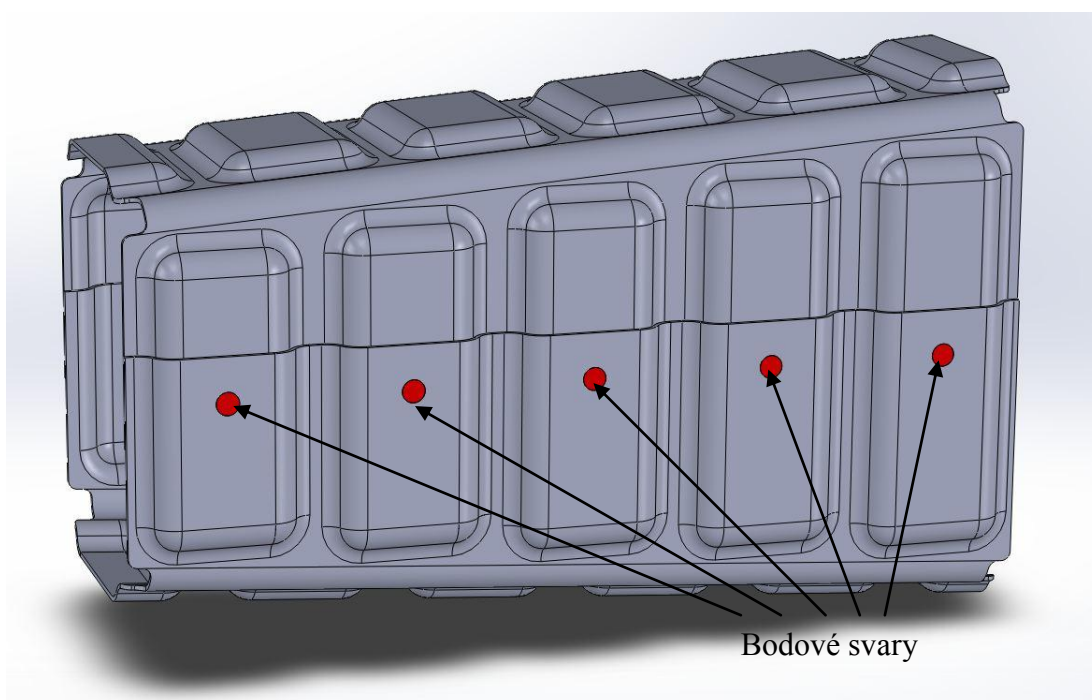
Obr. 31 - sestava podrobená nárazové zkoušce

### 3.7.3 Definice okrajových podmínek

- Bariéra – dokonale tuhé, nepoddajné těleso
- Deformační člen – volné ve všech směrech, pevně spojeno s hmotou vozidla
- Hmota představující vozidlo – dokonale tuhé těleso se stupněm volnosti pouze v ose X (ve směru jízdy)

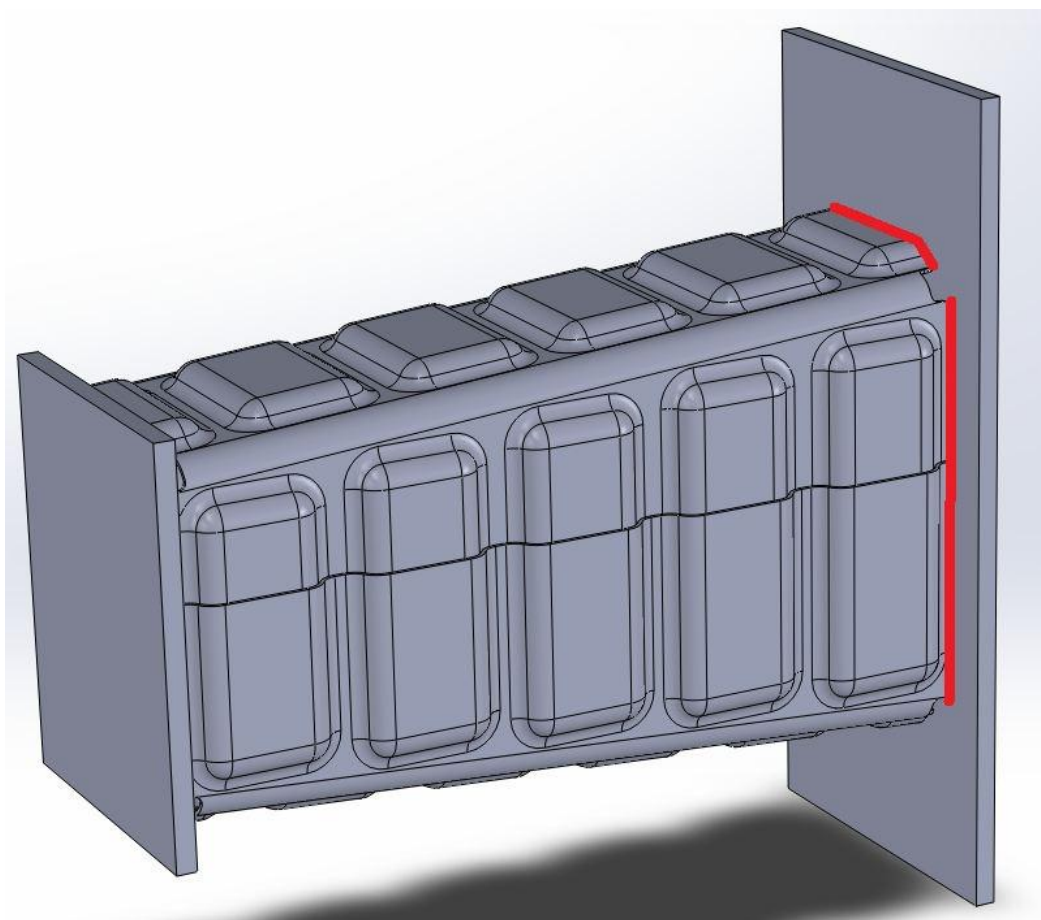
### 3.7.4 Definice kontaktů

Všechny kontakty mezi tělesy byly definovány jako koutové nebo bodové svary. Bodových svarů bylo užito ke spojení polovin deformačního členu v celek.



Obr. 32 - bodové svary





*Obr. 33 - koutové svary*

### 3.7.5 Definice výstupů

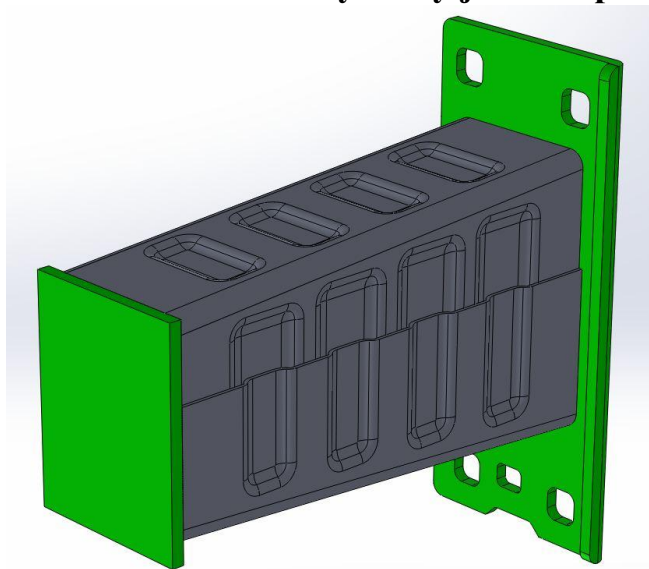
Před spuštěním každého výpočtu jsem definoval měřené veličiny. Kontaktní sílu přenášenou na podélník jsem měřil v místě kontaktu patky s hmotou vozu. Délku deformační zóny jsem sledoval přes posunutí patky v ose X. Čas zastavení vozidla byl odečten z grafu průběhu rychlosti, kde se jedná se o okamžik nulové rychlosti hmoty vozu.



### 3.8 Konstrukční varianty deformačních členů a výsledky simulací

Deformační box jsem konstruoval tak, aby byl použitelný na levé i pravé straně vozu. Tak klesnou náklady na tvarovací nástroje, neboť na jednu sestavu výztuže předního nárazníku budou použity čtyři totožné kusy.

#### 3.8.1 Varianta 1 – čtyřboký jehlan s prolisy dovnitř

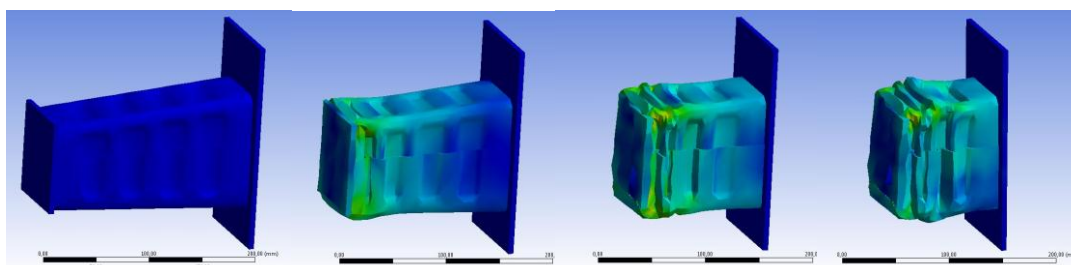


K použití prolisů mě vedl předpoklad, že pomohou k „harmonikovému“ průběhu skládání deformačního členu. Maximální síla 292kN. K zastavení dojde v čase 41ms. K absorbování nárazu dochází na dráze 88mm.

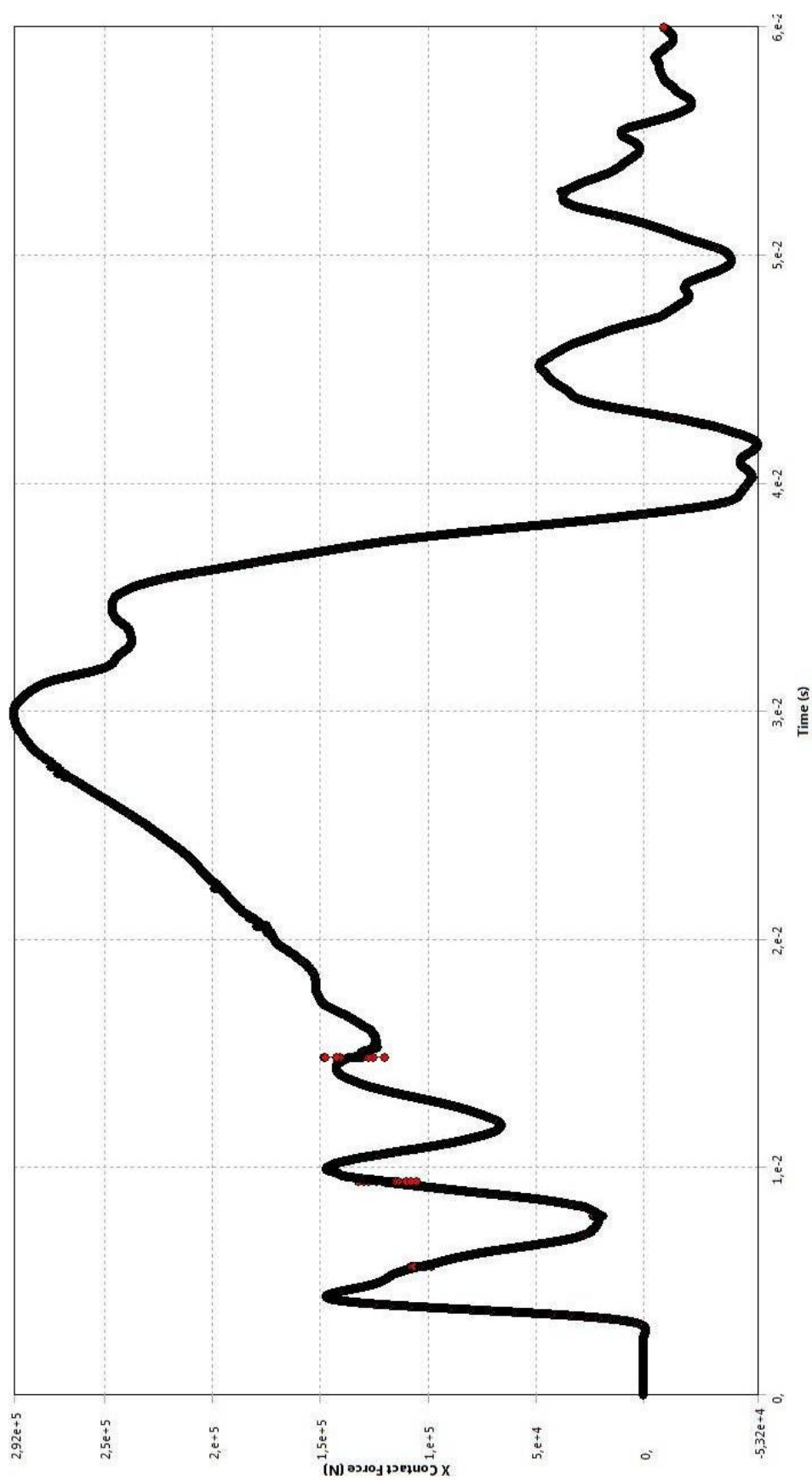
Obr. 34 – deformační člen, varianta 1

Tloušťka materiálu	Materiál	Hmotnost	Počet elementů sítě
2,5mm	Docol 500 YP	1,435kg	23545

Tab. 6 - vlastnosti deformačního členu varianta 1

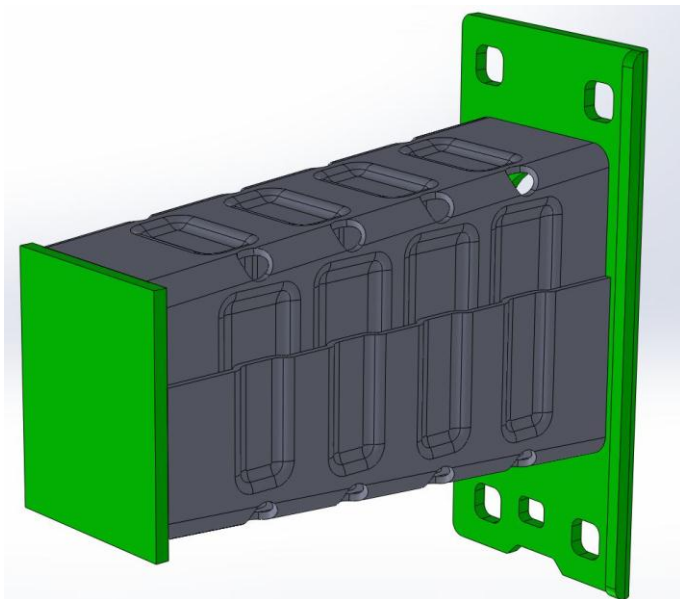


Obr. 35 – průběh deformace, varianta 1



Graf 1 – průběh kontaktní síly, varianta 1

### 3.8.2 Varianta 2 – čtyřboký jehlan s děrováním a prolisy dovnitř

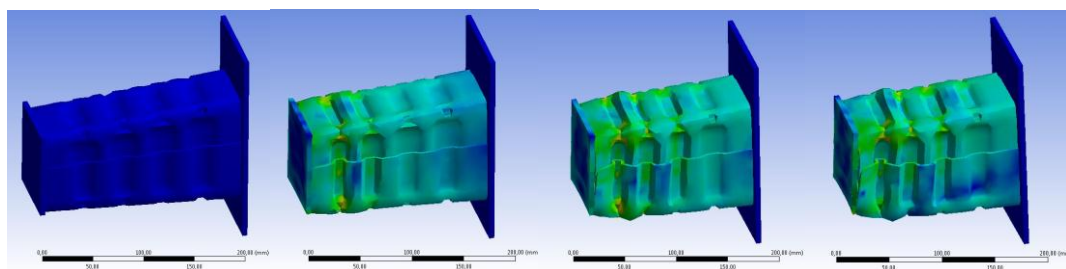


Maximální přenášená síla je 417kN. Vozidlo zastaví v čase 22ms. Od času 22ms dochází vlivem zbytkové plastické deformace deformačního členu ke kmitání. Sledovat je můžeme i na dalších grafech.

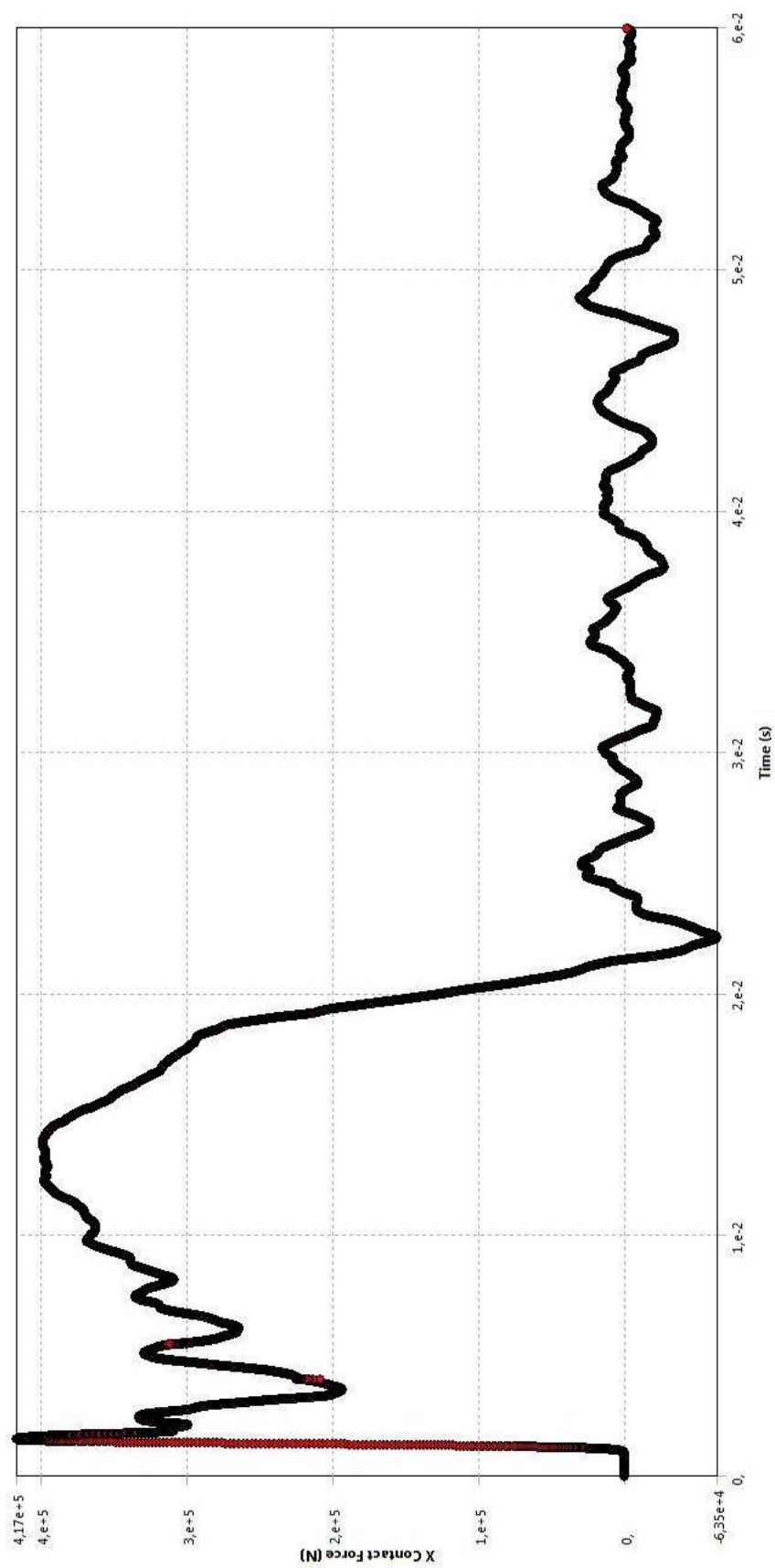
Obr. 36 – deformační člen, varianta 2

Tloušťka materiálu	Materiál	Hmotnost	Počet elementů sítě
2,5mm	Docol 500 YP	1,423kg	13615

Tab. 7 - vlastnosti deformačního členu varianta 2

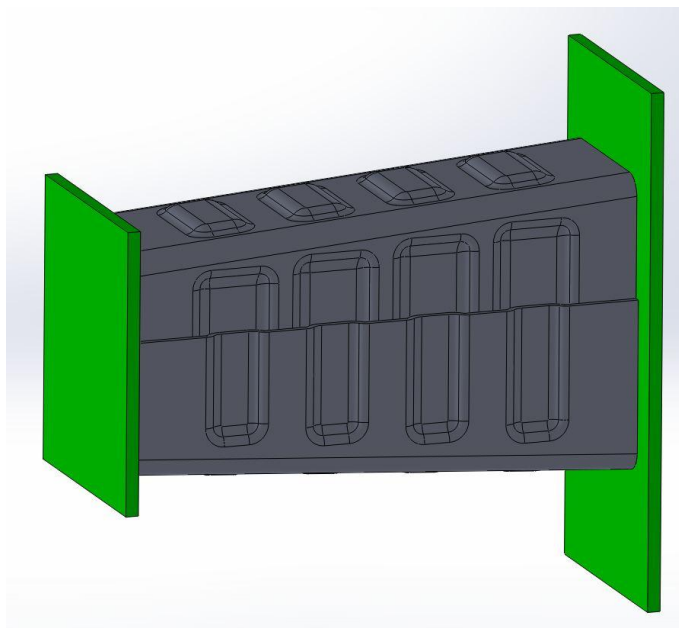


Obr. 37 – průběh deformace, varianta 2



Graf 2 – průběh kontaktní síly, varianta 2

### 3.8.3 Varianta 3 – čtyřboký jehlan a prolisy dovnitř/ven

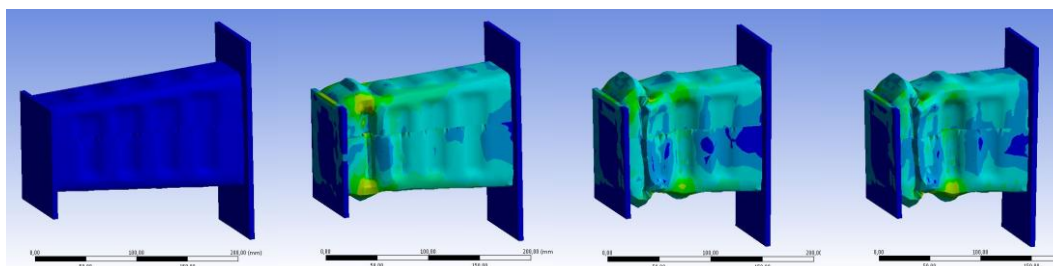


Maximální síla 456kN, zastavení 33ms. Deformační zóna 46mm. Na vrchní a spodní straně jsou prolisy orientovány ven z deformačního členu.

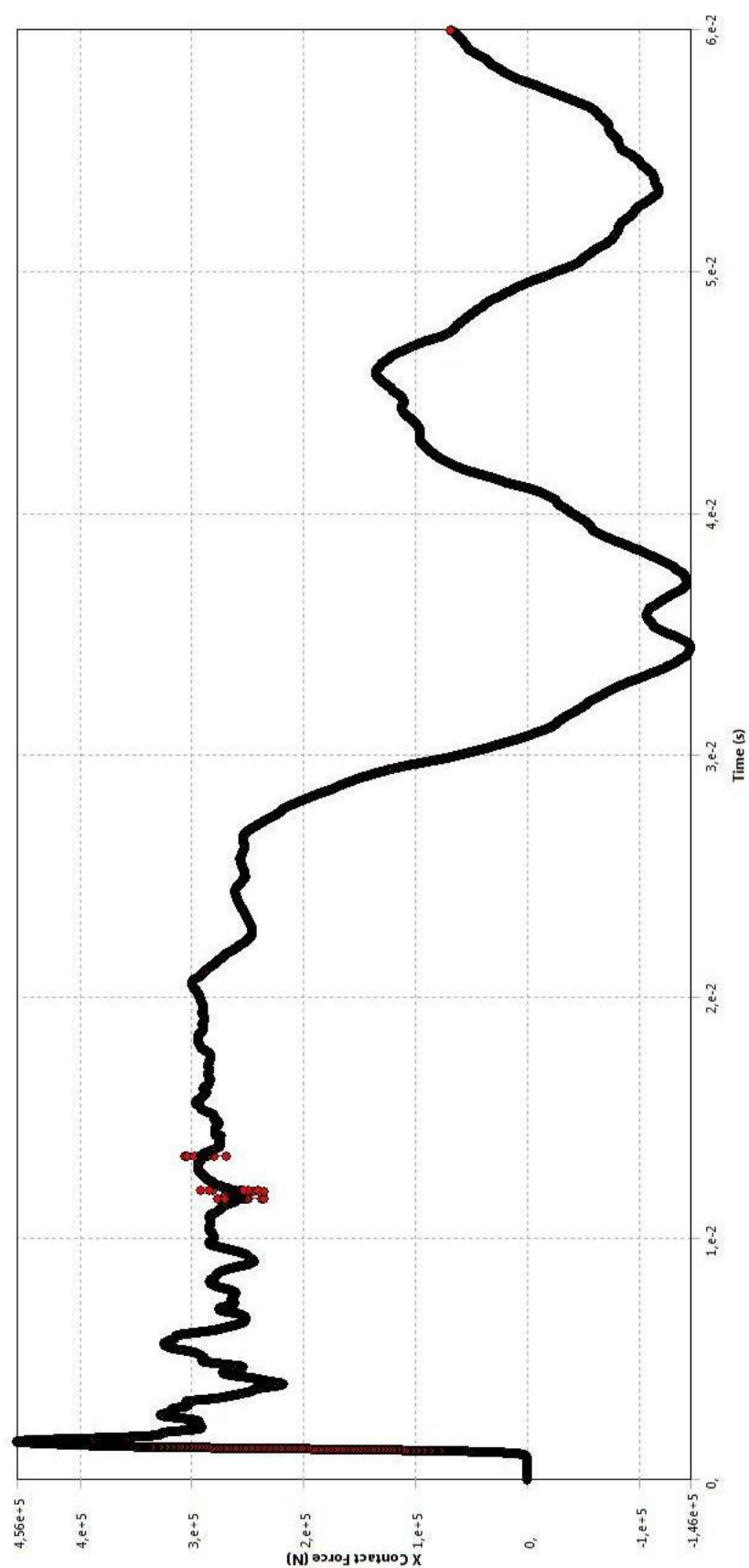
Obr. 38 – deformační člen, varianta 3

Tloušťka materiálu	Materiál	Hmotnost	Počet elementů sítě
2,5mm	Docol 500 YP	1,435kg	23525

Tab. 8 - vlastnosti deformačního členu varianta 3

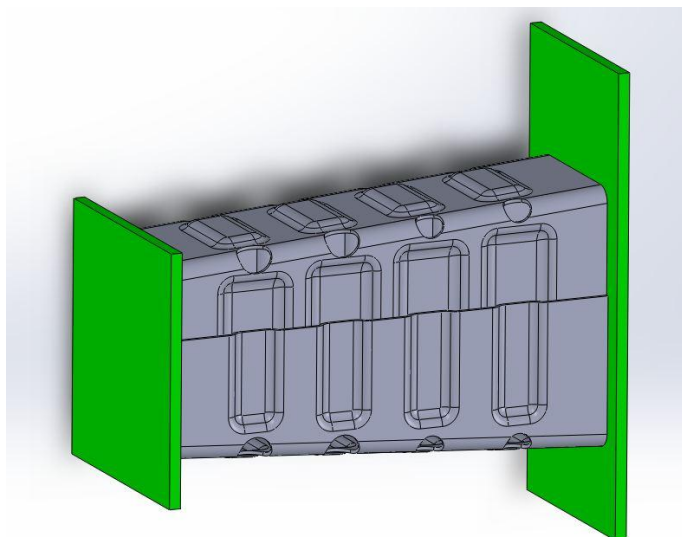


Obr. 39 - průběh deformace, varianta 3



Graf 3 – průběh kontaktní síly, varianta 3

### 3.8.4 Varianta 4 – čtyřboký jehlan s děrováním a prolisy dovnitř/ven

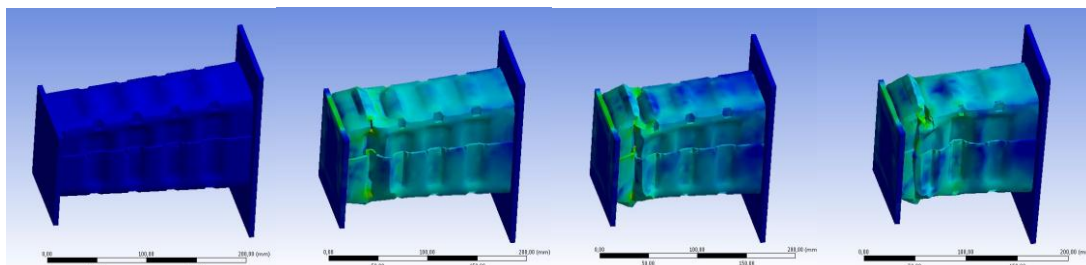


Z dosavadních výsledků je patrné, že je materiál příliš tlustý. V této variantě konstrukce byla poprvé testována tloušťka 1,5mm. Zeslabení stěny má zásadní vliv na průběh deformace. Počáteční nárůst síly se podařilo snížit, ale deformační člen nedokázal energii absorbovat, což se projevilo v konci nárazu zvýšením kontaktní síly.

Obr. 40 - deformační člen, varianta 4

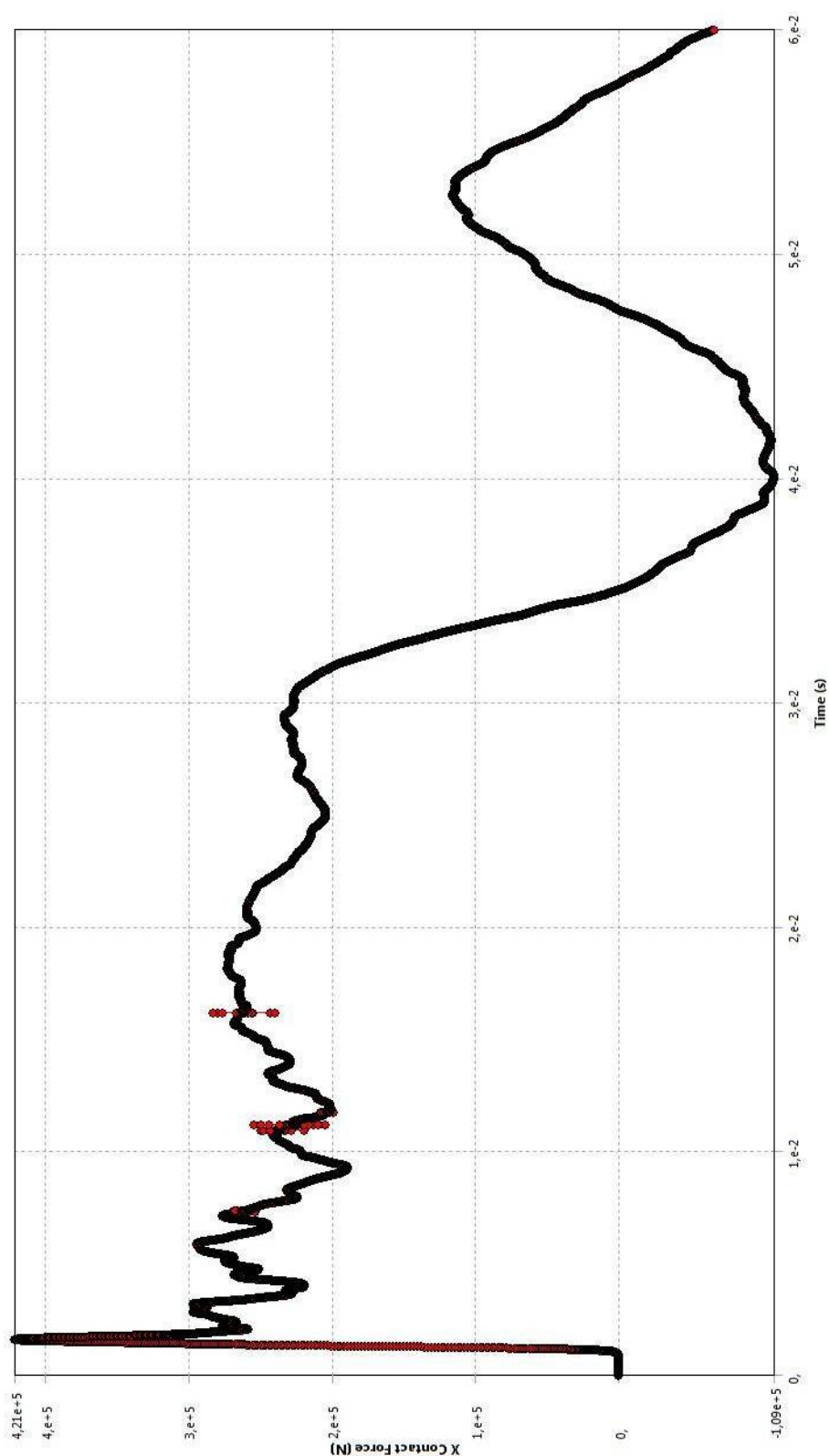
Varianta 5	Tloušťka materiálu	Materiál	Hmotnost	Počet elementů sítě
A	2,5mm	Docol 500 YP	1,425kg	23347
B	1,5mm	Docol 500 YP	0,825kg	16887

Tab. 9 - vlastnosti deformačního členu varianta 4



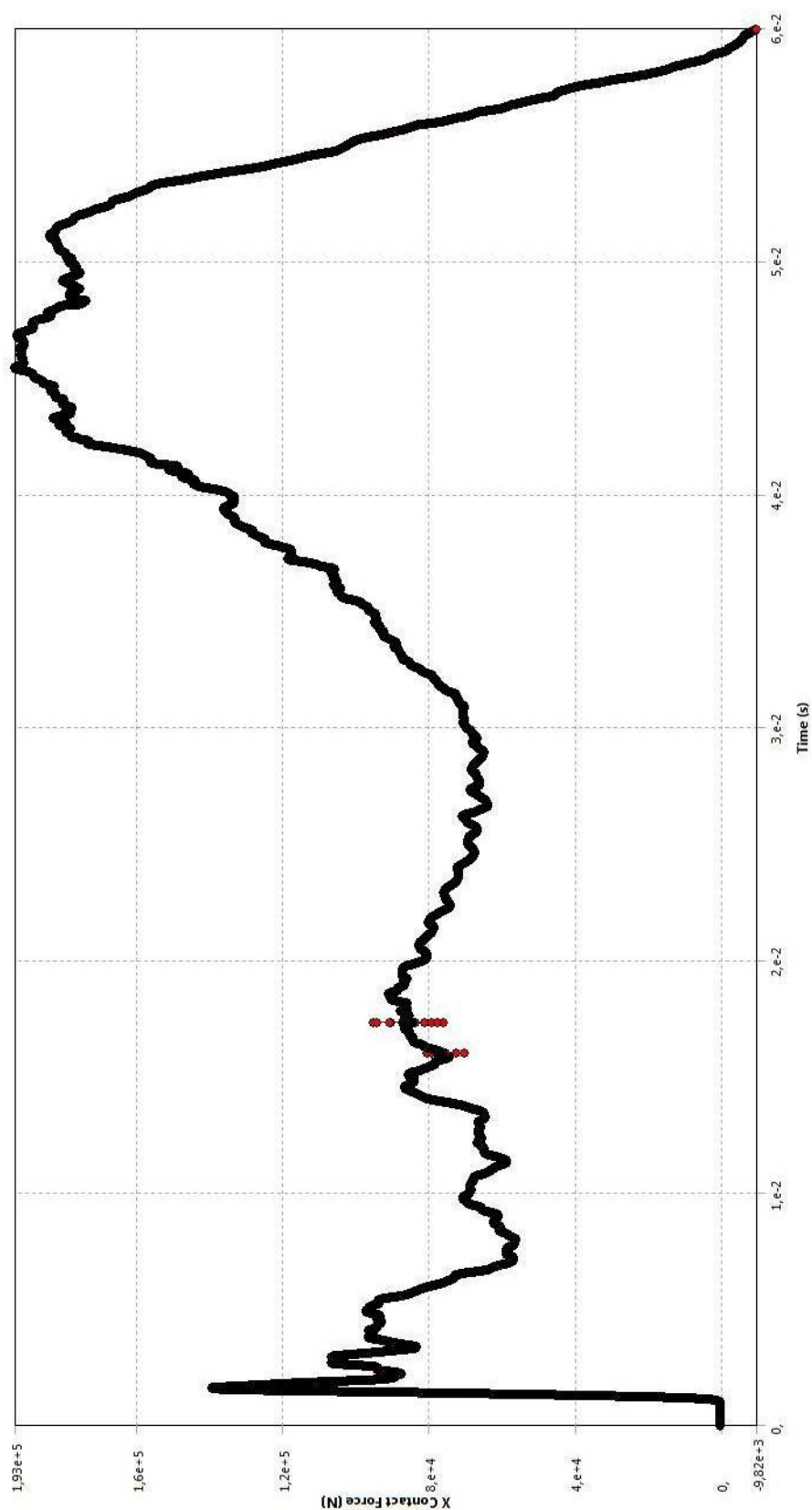
Obr. 41 – průběh deformace, varianta 4-A





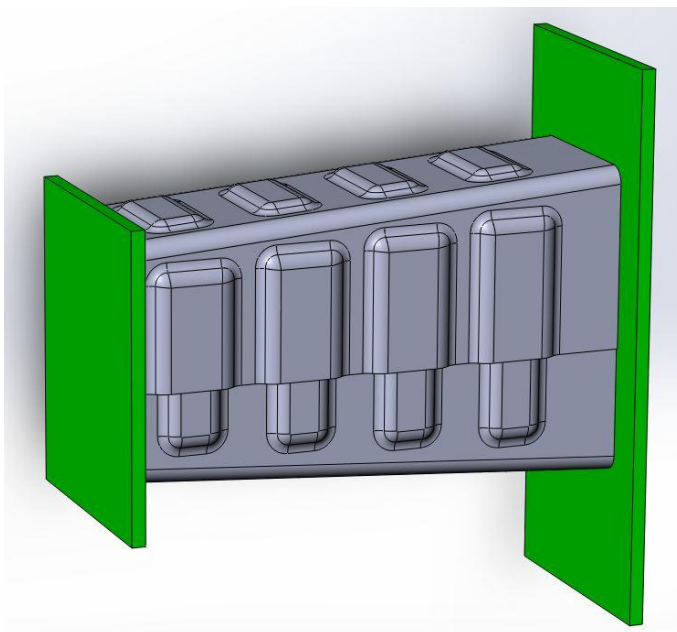
Graf 4 – průběh kontaktní síly varianta 4-A: maximální síla 421kN, k zastavení vozu  
dojde v čase 35ms





Graf 5 – průběh kontaktní síly varianta 4-B: maximální síla 193kN, k zastavení vozu dojde v čase 59ms

### 3.8.5 Varianta 5 – čtyřboký jehlan s prolisy ven

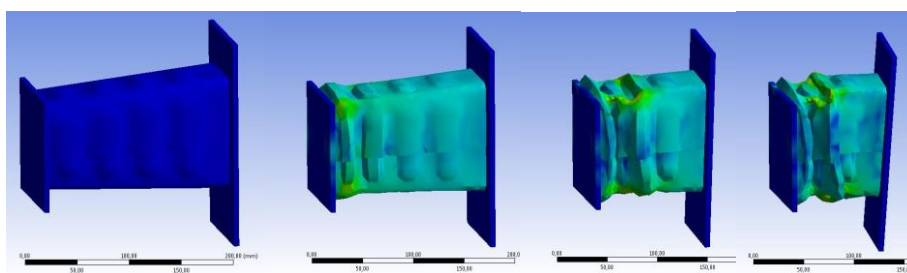


Vyrobitelný deformační člen s prolisy ven. Maximální kontaktní síla 171kN, k zastavení vozu dojde v čase 47ms.

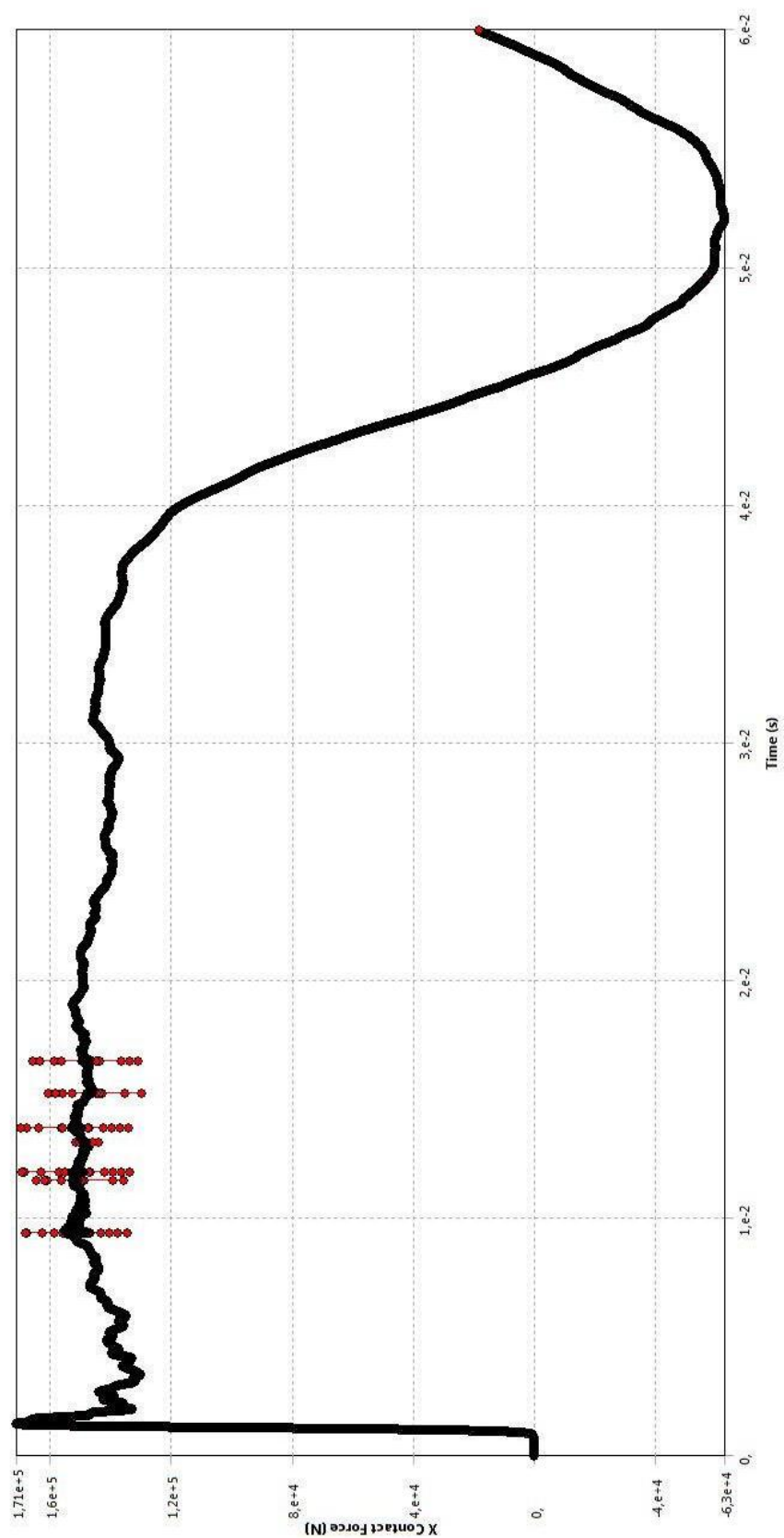
Obr. 42 – deformační člen, varianta 5

Tloušťka materiálu	Materiál	Hmotnost	Počet elementů sítě
1,5mm	Docol 500 YP	0,598kg	19968

Tab. 10 - vlastnosti deformačního členu varianta 5

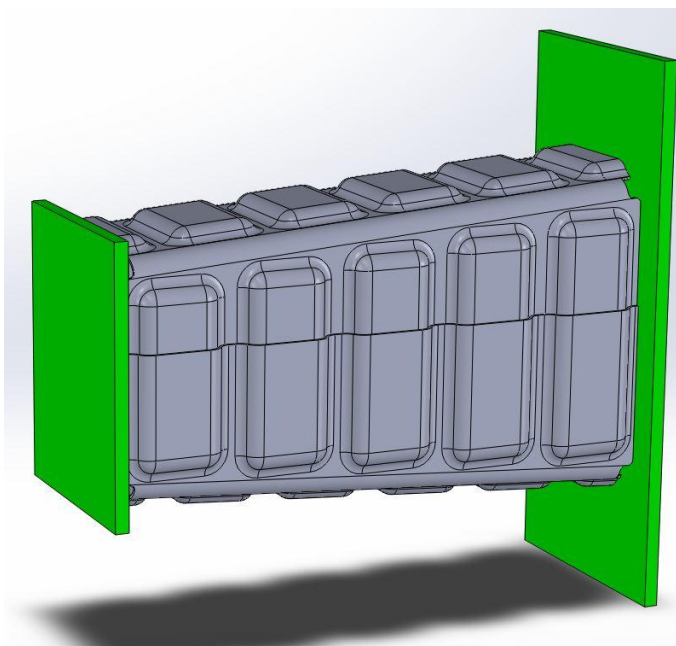


Obr. 43 - průběh deformace, varianta 5



Graf 6 – průběh kontaktní síly, varianta 5

### 3.8.6 Varianta 6 – čtyřboký jehlan s prolisy ven 2

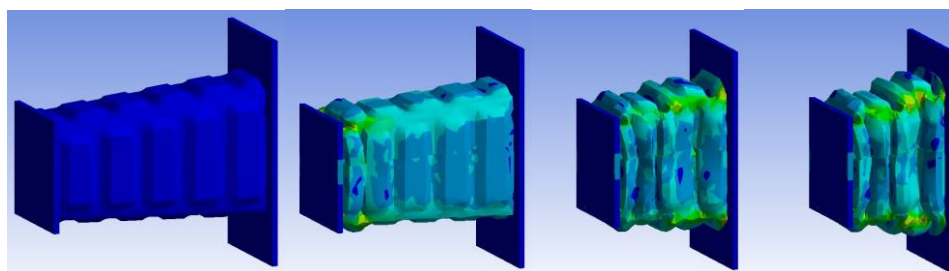


Vyrobitelný deformační člen s prolisy ven. Na vrchní a spodní hraně jsou prolisy situovány do úrovně mezery mezi prolisy boční. Maximální síla 146kN. Zastavení vozu nastane v čase 52ms. Deformační zóna 108mm.

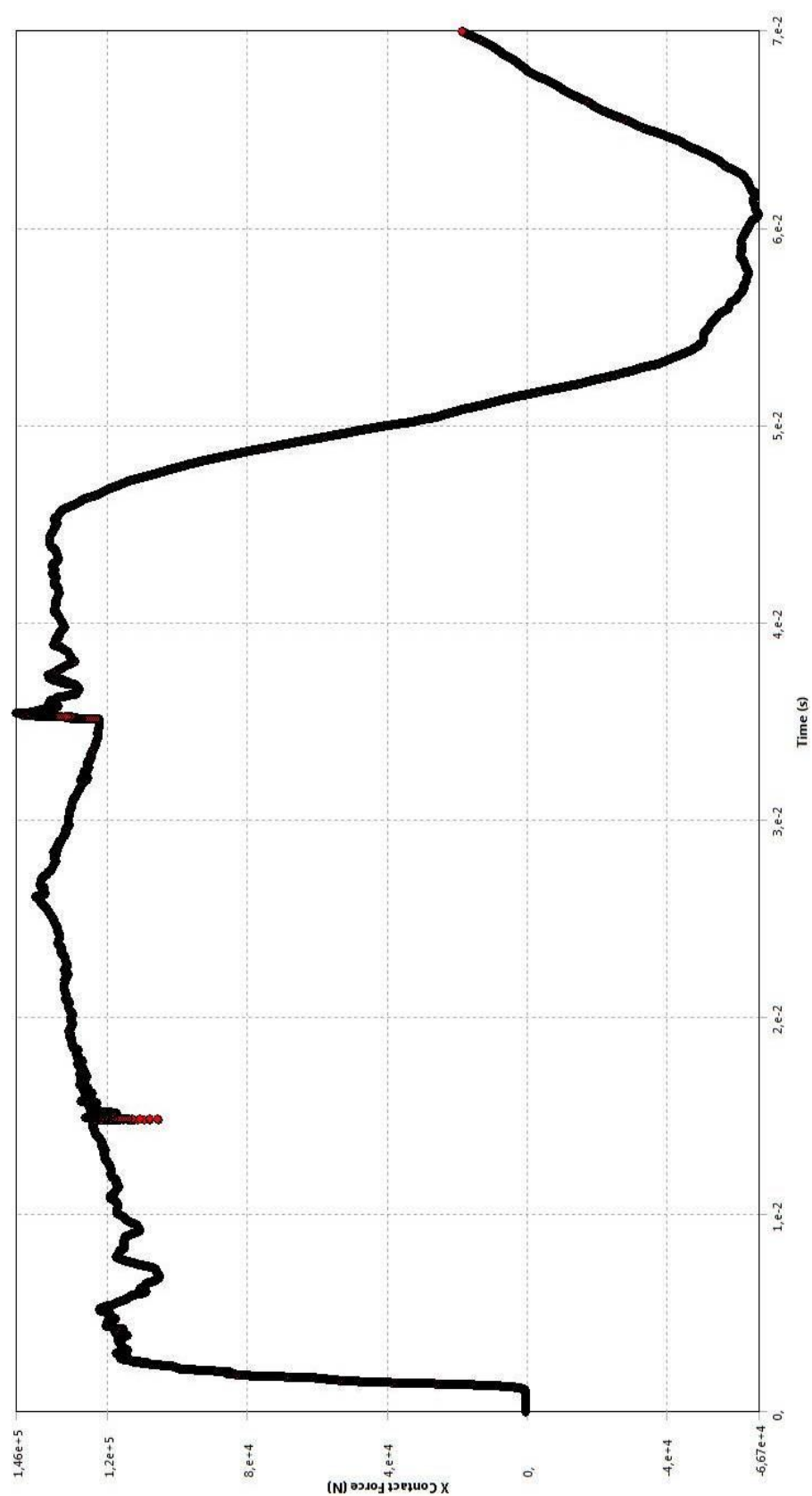
Obr. 44 - deformační člen, varianta 6

Tloušťka materiálu	Materiál	Hmotnost	Počet elementů sítě
1,5mm	Docol 500 YP	0,604kg	18569

Tab. 11 - vlastnosti deformačního členu varianta 7

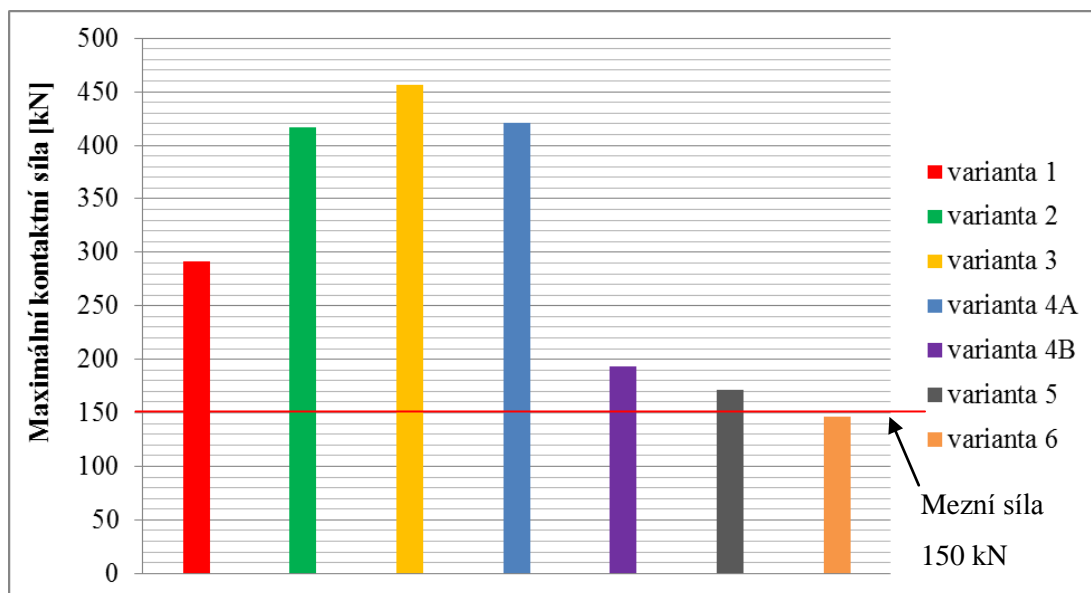


Obr. 45 - průběh deformace, varianta 6



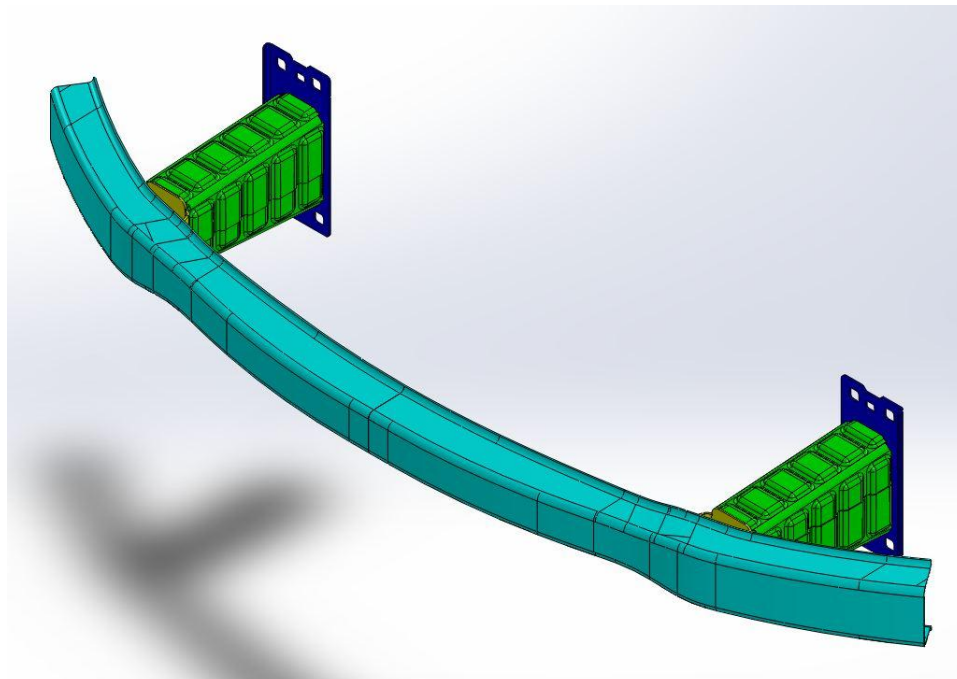
Graf 7 – průběh kontaktní síly, varianta 6

### 3.8.7 Porovnání konstrukčních variant deformačních boxů



Graf 8 – porovnání maximálních reakčních sil

### 3.8.8 Konstrukce nárazníku



*Obr. 46 - výsledná konstrukce výztuže nárazníku*

#### **Příčník**

- Tloušťka materiálu 2 mm
- Materiál DOCOL 1000 DP

#### **Patky**

- Tloušťka materiálu 2,5mm
- Materiál DOCOL 1000 DP

#### **Kotvy**

- Tloušťka materiálu 2,5mm
- Materiál DOCOL 1000 DP

#### **Deformační členy – varianta 6**

- Tloušťka materiálu 1,5mm
- Materiál DOCOL 500 YP
- S prolisy ven
- Překrytí 20mm

## 4 HODNOCENÍ A DISKUZE VÝSLEDKŮ

Program CATIA není vhodným nástrojem pro explicitní dynamické výpočty. Neobsahuje funkce k tomu použitelné a to včetně tvorby sítě, která je vhodná pouze pro výpočty statické.

Porovnáním průběhu kontaktních sil jednotlivých variant konstrukce deformačního členu výztuže nárazníku byly stanoveny tyto závěry:

Průběh deformace při nárazovém testu RCAR lze, z konstrukčního hlediska, ovlivnit volbou materiálu, tloušťkou materiálu, prolisy, děrováním a vlastními rozměry deformačního členu.

Nejmenší vliv má děrování, které má dopady spíše odlehčovací. Děrování může být vhodným nástrojem k finálnímu odladění konstrukce. Prolisy jsou efektivní v provedení dle varianty 6 (obr. 44), kde jsou prolisy na vrchní a spodní straně v úrovni mezer mezi prolisy po bocích boxu. Volba materiálu a jeho tloušťka je pro konstrukci nejdůležitější.

Konstrukci doporučuji začít volbou rozměrů a geometrie dle možností zástavby vozu. Následovat by měla volba materiálu a první výpočet. Dále odladění tloušťky a prolisů a to včetně jejich hloubky a šířky. Detailní odladění je možné pomocí děrování. Výpočty doporučuji provádět pouze pro deformační člen z důvodu úspory výpočtových časů. Takto navržený crash box splňující podmínky zadání vyhoví i při zkoušce v sestavě s příčnickem.



## 5 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zjistit možnosti programu CATIA při aplikaci na explicitní dynamické výpočty na příkladu návrhu výztuže nárazníku osobního automobilu.

Diplomová práce je rozdělena do dvou částí.

V teoretické části jsou popsány konstrukční možnosti při návrhu nárazníku a způsoby jejich zkoušení.

V experimentální části je uveden postup konstrukce, výpočtů a optimalizace nárazníku. Jednotlivé varianty konstrukce deformačního členu byly porovnány,

Bylo zjištěno, že:

- 1) Program CATIA nenabízí explicitní dynamické analýzy.
- 2) Program CATIA negeneruje síť použitelnou pro explicitní dynamické analýzy.
- 3) Návrh výztuže nárazníku lze realizovat pomocí programů Solidworks a ANSYS
- 4) Výpočetní metody MKP jsou vhodným nástrojem pro snížení nákladů souvisejících s vývojem výztuže nárazníku.

## 6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Stahl Informations Zentrum. Karosserie des Audi Q5  
[online]. [cit. 2012-5-12]. Dostupné z WWW:  
<[http://www.stahl-  
info.de/medieninformationen/Bilder/Bilder\\_2011/03\\_Salzgitter\\_  
Audi\\_Q5\\_Karosserie\\_Bild.jpg](http://www.stahl-info.de/medieninformationen/Bilder/Bilder_2011/03_Salzgitter_Audi_Q5_Karosserie_Bild.jpg)>
- [2] SSAB swedish steel  
[online]. [cit. 2012-5-12]. Dostupné z WWW:  
[www.ssab.com](http://www.ssab.com)
- [3] KUDLÍK, ing. Tomáš, Diplomová práce: Materiálové alternativy ocelí používaných v konstrukci nástaveb (návěsů a přívěsů) užitkových vozidel  
[online]. [cit. 2012-5-3]. Dostupné z WWW:  
[http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/34396/1/KudlikT\\_MaterialoveAlternativy  
\\_LB\\_2009.pdf](http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/34396/1/KudlikT_MaterialoveAlternativy_LB_2009.pdf)
- [4] RCAR - Research Council for Automobile Repairs  
[online]. [cit. 2012-5-9]. Dostupné z WWW:  
<http://www.rcar.org/Papers/Procedures/BumperTestProcedure.pdf>
- [5] SKÁLA, ing. Petr, Výuková prezentace Škoda Auto - Pasivní bezpečnost vozidel FMVSS 201  
[online]. [cit. 2012-5-9]. Dostupné z WWW:  
<http://www.kvm.tul.cz/katedra/ped/KDS2/KDS%20II%20-%205.pdf>
- [6] auto.cz, Historie crash testů: Jak se kdysi začínalo  
[online] ]. [cit. 2012-11-30]. Dostupné z WWW:  
<http://www.auto.cz/historie-crash-testu-jak-se-kdysi-zacinalo-63902>

- [7] Euro NCAP, European New Car Assessment Programme  
[online]. [cit. 2012-5-12]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.euroncap.com/results/ford/focus/2012/430.aspx>>
- [8] Autolexicon.net  
[online]. [cit. 2012-5-11]. Dostupné z WWW:  
<http://cs.autolexicon.net/>
- [9] [www.52che.com](http://www.52che.com)  
[online]. [cit. 2012-5-12]. Dostupné z WWW:  
<http://pic.52che.com/Files/blogupfile/11/12/29/153033234726.jpg>
- [10] Rydlo, Bc. Tomáš, Diplomová práce: Návrh deformačního členu pro simulaci pojišťovacího nárazu vozidla  
[online]. [cit. 2012-3-20]. Dostupné z WWW:  
<[http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=41323](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=41323)>

Příloha I

RECOMMENDED AHSS STEEL GRADES FOR VARIOUS APPLICATIONS

Most often used steel grade for this application.

Technological opportunity for this application.

APPLICATION	HOT-ROLLED STEELS			COLD-ROLLED STEELS										HOT-DIP GALVANIZED STEELS								ELECTRO GALVANIZED STEELS									
	MC		LA	DP					M			SPECIAL STEELS		LAD		DP				CP		SPECIAL STEELS		DP	MZE						
	600	650		700	500	600	800	1000	1200	1400	1500	Roll 800	Roll 1000	1000 LCE	460	500	500	600	800	1000	600	780	Roll 800		Roll 1000	1000	1200	1400	1500		
Bumper reinforcement																															
Crash box																															
P beam																															
Front side member																															
Cross member																															
Door beam																															
Wasteline reinforcement																															
A-B-C pillar reinforcement																															
A-B-C pillar																															
Rocker/sill																															
Roof bow/Roof roll																															
Window member																															
Header front/rear																															
Seat track																															
Recliner																															
Seat frame																															